

COSAS DE LA CIENCIA

Autor: FERNANDO DEL RIO/LEÓN MÁXIMO

- [COMITÉ DE SELECCIÓN](#)
- [EDICIONES](#)
- [PRESENTACIÓN](#)
- [I. EL ALTRUISMO Y DARWIN](#)
- [II. MOLÉCULAS EN EL ESPACIO](#)



© Fondo de Cultura Económica
Primera edición, 1987
Sexta reimpresión, 1997
Segunda edición, 1998
ISBN 968-16-5763-2
ISBN 968-16-2536-6
Impreso en México

- [III. LA ELECTRODINÁMICA Y EL POSITRONIO](#)
- [IV. FOURIER Y LA MÚSICA](#)
- [V. OPINIÓN SOBRE LA CIENCIA](#)
- [VI. EL GRAN PUM](#)
- [VII. EL NORTE EN EL SUR](#)
- [VIII. LA EDAD DEL HIERRO](#)
- [IX. ¡SEPA GÖDEL!](#)
- [X. EL FRÍO FUTURO](#)
- [XI. LA SUPERFICIE DE LAS ESTRELLAS](#)
- [XII. PIOTERAPIA](#)
- [XIII. EL GRIS Y LA TV](#)
- [XIV. CAMPEONAS Y CAMPEONES](#)
- [XV. LA ROYAL INSTITUTION](#)
- [XVI. EL APELLIDO DE NESSIE](#)
- [XVII. ESTADÍSTICAS NOBEL](#)
- [XVIII. VÍCTOR WEISSKOPF](#)
- [XIX. RAYOS Y CENTELLAS](#)
- [XX. MENSAJES CIFRADOS](#)

- [XXI. MÚSICA Y CULTURA](#)
- [XXII. LA TERRADINÁMICA](#)
- [XXIII. DEL ÁTOMO AL CUARK](#)
- [XXIV. CHUCHUNA Y EL YETI](#)
- [XXV. LA BRÚJULA DE LAS AVES](#)
- [XXVI. EL AUTO ELÉCTRICO](#)
- [XXVII. PARTÍCULAS ENCANTADORAS](#)
- [XXVIII. DON COSME BUENO, DESCUBRIDOR](#)
- [XXIX. MARTE Y SUS CANALES](#)
- [XXX. TOPONIMIA MARCIANA](#)
- [XXXI. ENERGÍA SOLAR](#)
- [XXXII. EL SOL EN LA TIERRA](#)
- [XXXIII. CIENTÍFICOS CRÉDULOS](#)
- [XXXIV. MÁS PARTÍCULAS](#)
- [XXXV. LOS MISTERIOS DE LA QUÍMICA](#)
- [XXXVI. LOS FENÓMENOS ALINEALES](#)
- [XXXVII. LA PREDICCIÓN DE TERREMOTOS](#)
- [XXXVIII. DINOSAURIOS](#)
- [XXXIX. EL NITRÓGENO DE LAS PLANTAS](#)
- [XL. LA FLECHA DEL TIEMPO](#)
- [XLI. SALVAMENTO MEDITERRÁNEO](#)
- [XLII. TUNGUSKA](#)
- [XLIII. EL BULLETIN OF THE ATOMIC SCIENTISTS](#)
- [XLIV. METALES CON MEMORIA](#)
- [XLV. LA FAMA DE LUCY](#)
- [XLVI. MUERTE CEREBRAL](#)
- [XLVII. EL ORIGEN DE LAS GLACIACIONES](#)
- [XLVIII. PREOCUPACIONES MATEMÁTICAS](#)
- [XLIX. TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA](#)
- [L. SOPA DE LETRAS](#)
- [LI. LOS TÉMPANOS Y LOS DESIERTOS](#)
- [LII. POINCARÉ Y LAS COMPUTADORAS](#)
- [LIII. ENERGÍA](#)
- [LIV. NEOMESMERISMO](#)
- [LV. PELIGROS DE LA CIENCIA](#)
- [LVI. CIENTÍFICOS TRAMPOSOS](#)
- [LVII. VOLCANES](#)
- [LVIII. PEDRO LEONIDOVICH KAPITSA](#)
- [LIX. FLUJO DE INFORMACIÓN](#)
- [LX. TOROS MATEMÁTICOS](#)
- [LXI. ANALOGÍAS ANIMALES](#)

- [LXII. LA BRÚJULA LOCA](#)
- [LXIII. HOYOS NEGROS](#)
- [LXIV. CALABACITAS TIERNAS](#)
- [LXV. PABLO ERDÖS](#)
- [LXVI. JACOBO D' ARSONVAL](#)
- [LXVII. ECONOMÍA MATEMÁTICA](#)
- [LXVIII. LOS ELUSIVOS CUARKS](#)
- [LXIX. LAS POPULARES CASTÁSTROFES](#)
- [LXX. NOTAS MUSICALES](#)
- [LXXI. ANIVERSARIO DE NEWTON](#)
- [LXXII. VIDA EXTRATERRESTRE](#)
- [LXXIII. BIOLOGÍA Y SOCIEDAD](#)
- [LXXIV. ELCHARLATÁN DE LAS BERMUDAS](#)
- [LXXV. COMUNICACIÓN ASEGURADA](#)
- [LXXVI. EL ORIGEN DE LA VIDA](#)
- [LXXVII. EPPUR' SI MUOVE](#)
- [LXXVIII. LOS EXPERTOS Y EL GRAN PÚBLICO](#)
- [LXXIX. CUBETAZO A LA SOCIOBIOLOGÍA](#)
- [LXXX. DUDAS SEXUALES DE LOS LAGARTOS](#)
- [LXXXI. PERIODISMO CIENTÍFICO](#)
- [LXXXII. HUELLAS ANCESTRALES](#)
- [LXXXIII. OTRA VEZ LAS BERMUDAS](#)
- [LXXXIV. RUIDO PARA LA TARTAMUDEZ](#)
- [LXXXV. LA BRÚJULA OLMECA](#)
- [LXXXVI. FALLIDO DESCUBRIMIENTO](#)
- [LXXXVII. IZQUIERDISMO NATURAL](#)
- [LXXXVIII. ENERGÍA EÓLICA](#)
- [CONTRAPORTADA](#)



COMITÉ DE SELECCIÓN

Dr. Antonio Alonso

Dr. Gerardo Cabañas

Dr. Juan Ramón de la Fuente

Dr. Jorge Flores

Dr. Leopoldo García-Colín Scherer

Dr. Tomás Garza

Dr. Gonzalo Halffter

Dr. Raúl Herrera

Dr. Jaime Martuscelli

Dr. Héctor Nava Jaimes

Dr. Manuel Peimbert

Dr. Juan José Rivaud

Dr. Julio Rubio Oca

Dr. José Sarukhán

Dr. Guillermo Soberón

Coordinadora:

María del Carmen Farias

Indice



la

ciencia /21

desde méxico

Primera edición, 1987

Sexta reimpresión, 1997

Segunda Edición, 1998

La Ciencia desde México es proyecto y propiedad del Fondo de Cultura Económica, al que pertenecen también sus derechos. Se publica con los auspicios de la Subsecretaría de Educación Superior e Investigación Científica de la SEP y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

D.R. © 1987, FONDO DE CULTURA ECONÓMICA, S. A. DE C. V.

D.R. © 1998, FONDO DE CULTURA ECONÓMICA

Carretera Picacho-Ajusco 227; 14200 México, D.F.

ISBN 968-16-5763-2 (segunda edición)

ISBN 968-16-2536-6 (primera edición)

Impreso en México



PRESENTACIÓN

El paso del tiempo hace que los recuerdos cambien y el relato de lo sucedido se vaya transformando. Se hace cada vez más difícil distinguir lo que es fantasía de lo que fue realidad. Si los recuerdos son gratos y se rehacen con los amigos, la transformación del pasado aumenta, y lo más probable es que se convierta en algo aún más grato, aunque no pueda asegurarse que sea un fiel relato. Todavía puedo asegurar que Fernando del Río no estaba con nosotros cuando iniciamos el proyecto editorial que creó *Naturaleza*. Sin embargo, ahora, para mí, es como si desde entonces hubiera estado con nosotros. Recuerdo vivamente las interminables discusiones que tuvimos acerca de cómo divulgar la ciencia por escrito, así como los innumerables intentos que hicimos juntos para concretar nuestras ideas y escribir acerca de la ciencia contemporánea en nuestro idioma. Más adelante Fernando trajo a las páginas de *Naturaleza* a León Máximo. Primero en un texto en el que describió un día de investigación científica entremezclado en el transcurrir de la vida cotidiana. Después León se unió a nuestra labor divulgadora y se comprometió a hacer una contribución periódica: la sección "En estos días. . ."

El modelo de trabajo que seguimos en *Naturaleza* fue el del trabajo colectivo. Nos reuníamos al menos una vez por semana y trabajábamos juntos. Aprendíamos unos de otros, nos ayudábamos a escribir, nos corregíamos y los textos definitivos resultaban muy diferentes del material inicial. Al releer algunos de los artículos que entonces publicamos nos resulta ahora difícil señalar quién contribuyó con qué. Lo importante fue que con un esfuerzo común logramos textos de divulgación de la ciencia que, hechos de otra manera, hubieran requerido de viejos y experimentados divulgadores. Nuestro secreto fue unir conocimientos y entusiasmo de muchos para formar un divulgador de gran talla. Por otra parte, este método de trabajo nos dio un dividendo inesperado: descubrió en muchos de nosotros habilidades no aprovechadas hasta entonces. Encontramos que no sólo podíamos hablar de nuestros conocimientos científicos en forma accesible al público general, sino que también podíamos hablar de otros asuntos sin emanciparnos de nuestra formación profesional y sin rebasar las limitaciones que nos imponía. Para algunos fue como si hubiéramos encontrado la forma de desdoblarnos en distintas facetas culturales, una especie de creación de un *alter ego* en otro aspecto del quehacer humano. Los dos aspectos de nuestro trabajo, escribir entre todos como uno solo y hacer que uno mismo realizara dos o más tareas diferentes, fue un hito en la historia de *Naturaleza*. Este desencadenó la revisión de nuestro trabajo y fue el motivo —visto *a posteriori*— de que nuestro equipo se reorganizara. Algunos volvieron a dedicar todo su tiempo al ejercicio de su profesión científica y otros reafirmamos nuestra decisión de llevar más a fondo la experiencia de la divulgación de la ciencia.

Este libro contiene una selección de lo que Fernando y León hicieron en los tiempos que antes apunté y en las condiciones que esboqué. Es una muestra representativa de lo que lograron con aquel trabajo colectivo y siento que aquí no pueda presentarse lo que aportaron al grupo, ya que, como antes dije, nuestro trabajo siempre se caracterizó por dar y recibir, ya que las presentaciones anteceden al texto de los autores, aprovecho la ocasión para adelantar al lector dos cualidades que pronto descubrirá en el libro. La primera de ellas es la clara manifestación de un decidido propósito de hablar de la ciencia en un contexto amplio. La ciencia es una parte de la cultura y si no se encuadra en el marco general del quehacer humano, su mensaje corre el riesgo de falsificarse. La segunda cualidad es la libertad de moverse en distintos ámbitos y temas. Aunque esto puede dar la impresión de desorden o de poca relación temática, refleja lo irregular —irregular para la presentación convencional— que es el avance del conocimiento científico y lo inesperado de su incidencia en la vida cotidiana. Espero que el lector disfrute del descubrimiento de los distintos planos y de la profundidad que Fernando y León apuntan en sus textos y que así se prolongue la comunicación entre los científicos y sus congéneres que iniciamos en aquellos días. . .

LUIS ESTRADA

Indice



I. EL ALTRUISMO Y DARWIN

DE CUANDO en cuando el nombre de Darwin vuelve a ser noticia en los diarios. Los culpables son algunos individuos que han sobrevivido con mentalidad dieciochesca, como eslabones perdidos de algún capítulo de *La Comedia Humana*. Nuestros tristes reaccionarios se dan en México y en otras latitudes, confunden al vulgo y escandalizan a los hombres de ciencia de buena fe. Aunque el escándalo no lo causan por discutir el modelo darwiniano, ni mucho menos.

Como toda genuina contribución científica, la teoría de la evolución por medio de la selección natural se encuentra bajo constante crítica científica. Se ha pasado así del darwinismo al neodarwinismo y al neoneodarwinismo. En la ciencia el revisionismo es una virtud y el dogmatismo un pecado capital. Uno de los puntos que se ha puesto a discusión es la competencia entre altruistas y egoístas. Cuando chicos, a todos se nos antojó ser héroes o campeones. Aquiles, Tarzán, Napoleón, el Santo y todos los demás miembros del panteón de héroes infantiles son individuos valerosos, pero poco altruistas. El verdadero altruismo tiene siempre un tanto de martirio y nuestro egoísmo innato (o asimilado) nos lo hace poco atractivo. Sin embargo, el altruista, que pone en peligro su vida para asegurar la supervivencia de su familia o grupo social, pese a estar desapareciendo de la especie humana contemporánea, tiene su lugar en muchas especies animales "inferiores".

Pero ¿qué tienen que ver los mártires con Darwin? Pues que el héroe altruista se sacrifica por un grupo y Darwin supuso que la selección actúa sólo sobre los individuos, suposición que se mantiene en la teoría moderna: es el individuo mejor dotado en sus genes el que transmite su ventaja a sus descendientes. En apariencia, esto le daría la delantera al cínico y al egoísta, y condenaría a los genéticamente altruistas al exterminio. Esta conclusión se demostró falsa por demasiado ingenua. De hecho existen especies de aves en las que el altruismo de los padres es más la regla que la excepción. Gilpin, en su libro *Group Selection in Predatory-Prey Communities*, y Wilson, en la revista de la Academia de Ciencias de los EU, han propuesto dos modelos distintos que muestran, uno independiente del otro, que no sólo los grupos menos egoístas tienden a predominar (lo que es obvio), sino que el número relativo de altruistas en una población tiende a aumentar. Y esto sin violentar la acción de la selección sobre los individuos.

De manera que podemos vivir tranquilos sabiendo que la selección natural condena al exterminio a las sociedades o grupos donde predominen los egoístas. Lo que quita el sueño es pensar si la raza humana no se encuentra ya cerca de tal situación.



II. MOLÉCULAS EN EL ESPACIO

EL MUSEO molecular del espacio interestelar se enriquece poco a poco con nuevas especies. Los radioastrónomos del Observatorio de Green Bank de Virginia, EU, han identificado al radical etinilo C_2H , que viene a agregarse a las docenas de moléculas que pueblan el espacio interestelar, antes considerado desierto y aburrido. Este radical no se ha podido observar en fase gaseosa en ningún laboratorio.

Pero el espacio interestelar no es el único lugar en el que se descubren nuevas moléculas. Gracias a modernas técnicas de análisis (espectroscopía fotoelectrónica de rayos X), el doctor Tihomiv Novakov del Laboratorio Lawrence de la Universidad de California en Berkeley hizo el sorprendente descubrimiento de que el 90% del nitrógeno de los contaminantes atmosféricos no está en los compuestos y formas químicas en que se creía. Este descubrimiento hará cambiar, sin duda alguna, el tipo de medidas que en los países industrializados se toman para combatir la contaminación. Por lo que toca al Tercer Mundo, el descubrimiento no deja de ser bizantino. ¡Si ni siquiera ha podido lograrse que los camiones y autobuses oficiales dejen de contaminar aparatosamente nuestro ambiente!



III. LA ELECTRODINÁMICA Y EL POSITRONIO

LA ELECTRODINÁMICA cuántica es el máximo exponente de las teorías físicas, el más refinado y exacto modelo científico. Ello no se debe a que los físicos hayan discriminado otras teorías, sino a que la naturaleza parece haber conspirado en lograrlo. El ideal de la física, como hoy nos lo podemos imaginar, sería tratar adecuadamente las cuatro interacciones fundamentales que hay en la naturaleza (la gravitatoria, la débil, la electromagnética y la nuclear) en el contexto de las teorías cuánticas y relativistas. Pero este ideal está más remoto que la paz mundial y la justicia social: las fuerzas nucleares, cuyo misterio se ha develado con el modelo de los cuarks, son muy complejas, la gravitación ha probado ser reacia a cuantizarse y la interacción débil ha mostrado ser particularmente elusiva. Así las cosas, sólo las fuerzas entre cargas eléctricas han podido incorporarse en una teoría elegante, exacta, sin transacciones: la electrodinámica cuántica (EDC) .

Mas esta catedral de la física teórica presenta problemas de comprobación experimental: en casi todos los sistemas físicos se cuele, sin que la inviten, alguna de las otras antipáticas interacciones; en casi todos, excepto en un efímero ejemplo: el positronio. Éste es un átomo semejante al del hidrógeno, pero con un positrón en lugar del protón que le sirve de núcleo. Ésta es toda la diferencia que hace al positronio el sistema predilecto de la EDC . Como el positrón es la antipartícula del electrón, idéntico a éste, excepto en su carga que es positiva, el positronio no tiene un núcleo "nuclear": es puramente electromagnético.

Desgraciadamente, la pareja electrón-positrón que forma el positronio, además de reunirse por la irresistible atracción eléctrica, tiene una maniaca tendencia a la autodestrucción: el electrón y el positrón desaparecen después de un corto abrazo. El único resultado de ese matrimonio suicida es una descendencia de uno o dos rayos *gamma*. Y el enlace dura demasiado poco para cualquier norma, en el mejor de los casos un diezmillonésimo de segundo. No obstante lo corto del lapso, en él girarán unidos durante medio millón de vertiginosas vueltas. Es en este positronio, microscópico y efímero, donde la EDC busca su mejor comprobación.

Hace varios decenios Martín Deutch encontró un positronio en su laboratorio del *Massachusetts Institute of Technology*. Pero no fue sino hasta hace poco que se pudo observar, en la Universidad Brandeis, uno de sus estados excitados. Las predicciones de la EDC se han visto confirmadas con gran precisión en estos experimentos, se han reducido las fuentes de incertidumbre y ha aumentado así la confianza de los físicos en la electrodinámica cuántica.



IV. FOURIER Y LA MÚSICA

Todo amante de la "buena" música se ha visto expuesto a alguna variedad de música electrónica, concreta o de computadora. Y el futuro guarda más grandes sorpresas, que esperamos armoniosas los de oído conservador a pesar de su novedad. Durante los últimos años, investigadores musicales de los dos Cambridges (el de Inglaterra y el de Massachusetts) y de París, han desarrollado una manera radicalmente nueva de analizar y sintetizar sonidos musicales. El elemento esencial es una computadora, pero no para hacer la chamba del compositor, sino para crear los sonidos que él todavía tendrá que "componer".

El modo tradicional de considerar un sonido musical lo caracteriza por su intensidad, su tono o frecuencia dominante y su timbre. Ésta es una descripción demasiado simple y primitiva, en donde todas las complicaciones se barren debajo del significado de "timbre". Describir adecuadamente la riqueza de la música con tan pobres elementos es equivalente a tener críticos de pintura que fuesen daltónicos. Para superar la clásica terna intensidad-tono-timbre, que se ha incrustado en el alma de la música occidental, se usa una técnica matemática, desarrollada hace más de siglo y medio por José Fourier y publicada en su libro *Théorie analytique de la chaleur*. José fue profesor de la Escuela Politécnica, contemporáneo y quizá pariente de Carlos, el profeta social, autor de la *Théories des quatre mouvements*.

El análisis a la Fourier de un sonido lo descompone en todas y cada una de las frecuencias que lo forman, y le asigna a cada frecuencia una intensidad o amplitud específica. Al conjunto de frecuencias amplitudes se le llama el espectro del sonido analizado. El uso de la espectrometría de Fourier junto con una computadora forma un "instrumento musical" muchísimo más flexible que cualquiera existente. Todavía falta mucho para que nos deleitemos con un concierto para computadora (o para que nos veamos forzados a aguantarlo ¡todo dependerá del compositor!), pero ya las primeras experiencias muestran un mundo musical extraordinario.

¿Quién no ha sufrido en alguna pesadilla la sensación de caer, y caer y seguir cayendo? ¿Quién no ha aguantado a algún conocido que habla continuamente sin nunca decir nada nuevo? Pues el equivalente de estas sensaciones ha podido sintetizarse musicalmente con la combinación Fourier-computadora: un sonido que de manera continua nos parece estar cambiando de tono, volviéndose más y más grave, así lo escuchemos durante tres meses seguidos... pero el sonido permanece siempre igual a sí mismo. Este sorprendente efecto se logra aprovechando que nuestra sensación de tono (y de su cambio) no está determinada únicamente por la "frecuencia" del sonido, cuando éste es complejo, ya que, sencillamente, un sonido complejo no tiene una sola frecuencia, y ni siquiera bastan para definirlo sus armónicos principales. La sensación de "un" sonido es el resultado de toda una serie de ondulaciones de distintas frecuencias, cuyas importancias relativas cambian rápidamente con el tiempo.

No obstante, nuestra percepción auditiva no distingue todas las componentes y es por ello que podemos ser engañados por los sonidos. Esto mismo nos ocurre con muchas "ilusiones ópticas" como las de los conocidísimos dibujos de Escher; éstos aprovechan nuestra capacidad adquirida para "ver" objetos en tres dimensiones cuando están representados en una lámina o dibujo de sólo dos.



V. OPINIÓN SOBRE LA CIENCIA

Los científicos mexicanos parecen condenados a nunca convencer a nadie que la ciencia no es lo mismo que la tecnología. Pero no deben desesperar. Puede que llegue un día en que el público tenga la misma opinión que 980 californianos, quienes fueron sujetos de una encuesta.

Un resumen del informe apareció en *Science* y por él nos enteramos que ese Estado del vecino país, el público distingue claramente entre el resultado del trabajo tecnológico y el del científico, y que está seriamente preocupado por el impacto de la tecnología y por el tipo de decisiones que se hacen al respecto. Así, como muestra, el 46% estuvieron decididamente de acuerdo con la postura de que "la ciencia es buena y su aplicación mala", mientras que sólo 6% estuvieron decididamente en contra.



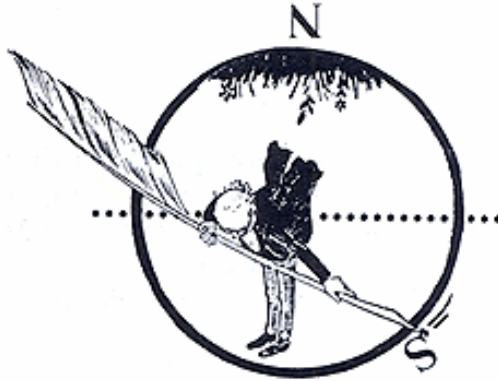
VI. EL GRAN PUM

Así como cada cabeza es un mundo, cada científico es una teoría del Universo. Las hay de chile, de dulce y de manteca... literalmente para todos los gustos. Jorge Gamow fue el campeón de la teoría del *Big Bang* —lo que en castilla llamaríamos el Gran Pum—, que vino a tranquilizar a todos los que no podían dormir pensando que el Universo no tuvo un origen. El Gran Pum, que es la hipótesis científica más aceptada actualmente, fue el estallido de toda la masa del Universo hace cosa de 15 mil millones de años. El abad belga Jorge Lemaitre fue otro de los grandes sustentadores de la teoría del Gran Pum, y don Manuel Sandoval Vallarta contribuyó a su sostén con sus magníficos trabajos sobre los rayos cósmicos, allá por la década de los treinta. Pero como también hay científicos que no pueden conciliar el sueño pensando que el Universo sí tuvo un origen, el polémico Fred Hoyle salió una vez más a su rescate. (Hoyle fue el campeón del segundo equipo mencionado, hace cosa de 30 años, con su teoría del estado estacionario.)

Hoyle acepta las pruebas observacionales que apuntan hacia la ocurrencia del Gran Pum (y no podía menos que hacerlo), pero al mismo tiempo, mediante un agilísimo juego mental digno del mejor prestidigitador intelectual, lo desaparece: en vez de escondérselo en la manga, sencillamente ha reinterpretado las pruebas, aprovechando para ello la posibilidad de medir cualquier cosa en términos de distancias y tiempos. De esta manera y después de muchos vericuetos, Hoyle reduce la "creación del Universo" a un momento donde su masa era cero.



VII EL NORTE EN EL SUR



EN OTRO lugar hablamos del descubrimiento de la que bien puede ser la más reciente inversión del campo magnético terrestre, hace cosa de 10 000 años. Cabe ahora referirnos a quien puede haber sido el descubridor involuntario de que el Norte estuvo alguna vez en el Sur.

El capitán Juan De Castro, navegante portugués, llegó en uno de sus viajes a la isla de Chaul, cerca de la India, por ahí de 1538. En la bitácora del viaje, De Castro relata cómo, al explorar la isla y hacer observaciones para determinar sus coordenadas geográficas, colocó la brújula en una roca y notó que el norte de la aguja giró para apuntar hacia el sur. De Castro tuvo cuidado de comprobar que la roca en cuestión no era de imán, con lo que descubrió serendipitosamente el magnetismo de las rocas. Desafortunadamente, De Castro no menciona si la roca susodicha mantenía su posición natural a su formación, y por ello no es seguro que la magnetización invertida de esa roca haya sido una prueba precursora de las inversiones del campo terrestre.



VIII. LA EDAD DEL HIERRO

ES INTERESANTE averiguar por qué las antiguas civilizaciones de Mesoamérica no habían llegado a la Edad del Hierro. Algunos espíritus simplones gustan reducir todo un complejo fenómeno cultural a un solo parámetro: si una sociedad no domina las técnicas del bronce y el hierro debe clasificársele como neolítica, en el mejor de los casos. Esta visión unidimensional de la cultura parecía una prueba más de que, sencillamente, "no estamos hechos" para la tecnología. Mas ahora nuestro ego nacionalista puede estar más a gusto gracias a una investigación realizada en la Universidad de Pennsylvania, y que indirectamente ilumina la cuestión.

Sucede que una arqueóloga (Tamara Stech), un metalurgista (R. Maddin) y un historiador (J. D. Muhly) se pusieron a estudiar con detalle la transición de la Edad del Bronce a la del Hierro, que ocurrió cosa de 2 500 años antes de nuestra era. La combinación de sus diversos talentos permitió integrar una visión muy completa de esa revolución, tan importante en el desarrollo de las civilizaciones, además de aportar algunas explicaciones frescas y novedosas. La conclusión a la que llegaron es que el cambio al hierro no se dio sólo porque este metal sea "mejor", sino simplemente porque el estaño (uno de los dos componentes del bronce) sufrió una escasez mayor que si hubieran existido nuestros modernos acaparadores. Según esta investigación, la técnica para obtener el hierro y fabricar objetos con él se conocía en el Cercano Oriente varios siglos antes de que su uso se generalizara. Fue la aguda escasez del bronce lo que empujó a esas civilizaciones a buscarle un sustituto adecuado, mediante un proceso que llevó unos 500 años.

La explicación de Stech, Maddin y Muhly es novedosa por su énfasis en la importancia de la necesidad: mientras las sociedades podían seguir satisfaciendo sus necesidades económicas y bélicas con el bronce, el hierro estuvo relegado a piezas de ornato y de magia. Es en esencia el mismo tipo de mecanismo social al que Arnoldo Toynbee llamaba "la virtud de la adversidad" Entonces, en una cultura donde no escaseara el material en boga (ya sea piedra o metal), y que no estuviera en competencia desventajosa con otra cultura, no aparecería la necesidad de hacer ningún cambio tecnológico. Este mismo argumento serviría también para explicar por qué los nahuas usaban juguetitos con ruedas (como los que están en nuestros museos), y sin embargo nunca construyeron una carreta tamaño adulto. Mientras no escasearan los macehuales para cargar...



IX. ¡SEPA GÖDEL!

ESTAMOS acostumbrados a encontrar problemas irresolubles: basta leer todos los días el periódico para encontrar muchos ejemplos. Quizá por esto, muchos son atraídos (o repelidos) por las ciencias "exactas", en especial por las matemáticas. ¡Qué hermosa disciplina! En ella todo es verdadero, seguro y exacto. Y si alguien no puede resolver un problema matemático no es culpa de esa ciencia, sino muestra de idiotez. Pero los matemáticos saben desde hace tiempo que sí hay problemas matemáticos irresolubles. Algunos de ellos son muy famosos, como el de la cuadratura del círculo y la trisección del ángulo, que dicen que es imposible hacer ciertas cosas siguiendo las reglas de la clásica geometría griega. Este tipo de problemas son imposibles de resolver porque las reglas que se estipulan son demasiado estrechas y agobiantes.

Hay otros problemas que son irresolubles en un sentido más profundo. En 1931, Kurt Gödel demostró que hay juicios o enunciados dentro de casi cualquier sistema de axiomas, que nunca pueden ser probados falsos o verdaderos. Esto quiere decir que no se puede decidir si uno de esos enunciados está "bien" o "mal": son sujetos de indecisión. El trabajo de Gödel es el elemento clave del interesantísimo libro de Douglas Hofstadter, físico e hijo de físico, *Gödel, Escher, Bach*, desgraciadamente muy mal traducido al español.

A partir de la prueba de Gödel, muchos matemáticos se han puesto a buscar ejemplos, examinando entre otros, problemas que son "candidatos al infierno de la indecisión perpetua", como los llamó L. A. Steen. Entre esos candidatos están el famoso teorema de Fermat, y estuvo la no menos célebre conjetura de Poincaré de los cuatro colores. De este safari los matemáticos han regresado ya con algunos ejemplares auténticos de indecibilidad, como la conjetura de Jorge Cantor acerca de los tamaños relativos de subconjuntos de los números reales.

Para probar la indecibilidad de una afirmación es necesario encontrar por lo menos un caso en el que sea verdadera y otro en el que sea falsa (sin hacer trampas). Esto lo logró Pablo Cohen para la conjetura de Cantor por ahí de 1963 y después se han dado otros ejemplos. Gracias a ellos, hoy podemos afirmar que "quién sabe" es una legítima respuesta matemática.



X. EL FRÍO FUTURO

LOS climatólogos se enfrentan a una gran dificultad: llegar a saber si los cambios recientes en el clima de la Tierra son indicación de una tendencia mayor o si sólo representan una pequeña oscilación. Es como ir en una montaña rusa con los ojos vendados: ¿es esta bajadita el comienzo de una bajadota de miedo, o es sólo lo que viene antes de una subida?

No obstante que tal dificultad no se ha podido superar, hay indicios que señalan como lo más probable un frío futuro. Por un lado, se sabe que el clima al que nos hemos acostumbrado es excepcional. Los últimos 10 000 años, que han visto el nacimiento de todas las civilizaciones y la muerte de casi todas, han sido los más calientes dentro del último millón; a su vez, el último siglo ha sido el más caliente desde que coronaron a Carlomagno.

Por otro lado, ya se detectó, a partir de 1940, un gradual enfriamiento global que podría ser el principio de una tendencia a largo plazo. La incertidumbre en las predicciones es una simple consecuencia de nuestra ignorancia acerca del sistema climático terrestre. Aun si no se desatara una nueva glaciación, los efectos del enfriamiento en nuestra forma de vida serían muy profundos, ya que el cambio global bien podría ser de unos 10°C y ocurrir en menos de 100 años. Si esto ocurriera, extensas zonas hoy templadas se volverían inhabitables y bajaría notablemente el nivel de los océanos: no será sólo cosa de comprar ropa más gruesa para el invierno.



XI. LA SUPERFICIE DE LAS ESTRELLAS

LAS estrellas, que vemos como simples puntitos luminosos en cualquier noche despejada —mientras evitemos la turbia atmósfera de la ciudad—, nos han ido revelando sus secretos más íntimos gracias al esfuerzo colectivo de generaciones de astrónomos. Se ha descubierto cómo saber a qué distancia se encuentran de nosotros, de qué están compuestas, cuál es su estructura interior y cuáles sus posibles historias.

No obstante todos estos adelantos, por mucho tiempo fue imposible observar la superficie de uno de esos puntitos. La estrella Betelgeuse, 800 veces mayor que el Sol y a 500 años-luz de nosotros, fue la primera en dejarnos ver su superficie. Gracias a una fina técnica analítica puesta a punto en la década de los setenta se evitó la confusión producida en las imágenes por los cambios atmosféricos; de tal modo, astrónomos del observatorio Kitt Peak de Arizona pudieron reconstruir una imagen de Betelgeuse que muestra regiones de muy variadas temperaturas. Estas variaciones son manifestación aparente de los flujos convectivos desde el interior de la estrella.



XII. PIOTERAPIA

LA VERDADERA revolución en medicina está todavía lejos de producirse, sujeta como está hoy al uso casi exclusivo del método empírico, del ensayo y error. Pero el arsenal del médico se ha modificado de raíz y los hospitales modernos parecen laboratorios de investigación, con la añadidura de necesitar grandes inversiones en equipo muy refinado.

Las técnicas de radioterapia se han desarrollado paralelamente a las de la cirugía, con las que guardan parentesco (eliminar los tejidos, tumores u órganos por malignos, inútiles o estorbosos). Y así como un cirujano se ve forzado, en la mayoría de los casos, a cortar por lo sano, la aplicación de radiación para la destrucción de células cancerosas tiene que irradiar por lo sano las células circundantes. Esto ocurre porque los rayos *gamma* o los electrones que se usan en radioterapia tienen que cruzar necesariamente los tejidos sanos para llegar al tumor o región cancerosa.

Quizá en un futuro próximo estos problemas se reduzcan gracias a la irradiación con unas partículas subnucleares, descubiertas por la física de grandes energías: los piones (o mesones π). La gran ventaja potencial de estos bichos en la radioterapia, según los doctores Bagshaw, Kaplan, Shewtman, Boyd y Fairbank de la Universidad de Stanford, es que se puede controlar el daño que producen en un tejido. A diferencia de las radiaciones comunes en terapia, los piones causan poco daño a un tejido cuando lo atraviesan a toda velocidad, pero al detenerse producen una reacción en el núcleo de algún átomo. Son estas "bombitas" las que podrían utilizarse para destruir el tejido indeseable. Se espera que la pioterapia tenga una eficacia tres veces mayor, para la misma dosis radioactiva, que los métodos convencionales, por lo que los generadores de piones se han estado desarrollando desde hace varios años para ser usados en medicina.



Indice |



XIII. EL GRIS Y LA TV

A PESAR de la miniaturización de la electrónica, las televisiones siguen siendo muebles anchos, pesados y estorbosos. El principal problema ha consistido en construir un cinescopio plano, y no se ha podido resolver con los tubos de rayos catódicos usados corrientemente. Desde hace varios años se pensó en construir un cinescopio con miles de foquitos de plasma, pero el problema es que se lograba una imagen sin tonalidades ni grados de brillantez: el gris correspondía a un foquito medio apagado... y eso no podía ser. Una salida frente a esta dificultad es que los foquitos se enciendan intermitentemente, de modo que la brillantez sea proporcional al tiempo que se la pasan prendidos, como se demostró en una investigación de la compañía Hitachi del Japón y de la Universidad de Illinois.



XIV. CAMPEONAS Y CAMPEONES

CON la insurgencia feminista se han reconsiderado muchas cosas, y entre otras están las hazañas deportivas de las mujeres. El doctor Ken Dyer, profesor de biología social en la remota Universidad de Adelaida en Australia, llevó al cabo un análisis comparativo de las marcas deportivas de las mujeres y los varones hace varios años. El interés del doctor Dyer se concentra en el atletismo y la natación, ya que en estos deportes las competencias pueden considerarse como experimentos biológicos, realizados en condiciones bien definidas y controladas, y cuyos resultados se registran con gran precisión.

El resultado del análisis comparativo no deja de ser elocuente. En las siete competencias de pista sobre distancias cortas, la diferencia promedio entre las marcas de los varones y de las mujeres era del 15% en 1956 y se redujo al 10% en 1976. Si bien las carreras más largas estuvieron vedadas a las mujeres hasta hace poco, sus marcas están acercándose paulatinamente a las de los varones; a finales de los setenta, la señorita Chantal Langlace corrió los 42 kilómetros y pico del maratón tan velozmente, que hubiera ganado la medalla de bronce en las Olimpiadas de 1948 y la actual campeona de 3 000 metros con obstáculos hubiera derrotado con amplitud al famoso Paavo Nurmi en sus mejores épocas.

En las competencias de natación, las diferencias entre las marcas de los atletas de uno y otro sexo —los que son de "ambos sexos", como anuncian en los diarios, todavía no concursan oficialmente—, se han reducido todavía más rápidamente que en atletismo. La diferencia media en las siete competencias reconocidas para ambos en 1956 era del 12% y para 1976, en un total de 15 marcas, esa diferencia se había reducido al 9%. Además, la marca mundial de la travesía del Canal de la Mancha perteneció durante varios años a una mujer y era mejor en un 8% a la de los hombres. En estos aspectos, dijo Dyer, "los factores sociales han sido consistentemente subestimados. Claramente, eran los prejuicios sociales y no el conocimiento biológico los que impedían que, hasta muy recientemente, las mujeres compitieran en tantas disciplinas". Quizá llegue el tiempo en el que las atletas compitan al tú por tú con sus colegas varones y en el que, más importante aún, se reconozca en la práctica la igualdad de todos como seres humanos. Aunque hay que esperar que perduren, para beneficio de todos, ciertas obvias diferencias.



XV. LA ROYAL INSTITUTION

LA DESHUMANIZACIÓN del arte se puso de moda con Ortega, pero nadie se ha preocupado de la ciencia. Ésta se ha cosificado y así como se puede hablar del arte-objeto, también es posible identificar la ciencia-objeto.

Hoy día tenemos ciencia-útil, ciencia- motivo-de-conversación; ciencia-justificadora de- planes-gubernamentales, y en fin, ciencia-cosa que ha convencido incluso a muchos científicos, medrosos de llegar a ser hombres de ciencia. No debería olvidarse este fenómeno cuando se habla de la tradición científica que requiere el país, pues hay de tradiciones a tradiciones.

En 1800 se fundó en Inglaterra una casa muy particular, la *Royal Institution*, por la instigación de ese aventurero de la acción y del intelecto que fue Benjamín Thompson. La inestabilidad del fundador —que la abandonó de apenas cuatro años para ir a cortejar a la viuda de Lavoisier— no se transmitió a su obra, la cual constituyó una pieza clave de la mejor ciencia decimonónica. Al dejarla Thompson, la *Royal Institution* quedó en manos de Tomás Young, quien además de investigar los fenómenos de interferencia de la luz, contrató como ayudante a Humphry Davy. Inventor de la lámpara de arco, estudioso de la electroquímica y descubridor de elementos como el sodio, el potasio, el estroncio y el calcio, Davy hizo su mayor descubrimiento en la persona de Miguel Faraday. Éste vivió en la *Royal Institution*, donde además de llevar al cabo sus investigaciones acerca del electromagnetismo y la fisicoquímica, hizo famosas sus conferencias navideñas para jóvenes, que otros han seguido impartiendo sin interrupción hasta nuestros días.

Entre los que pasaron por la *Royal Institution* como conferencistas o profesores (léase también investigadores) están Juan Dalton, Juan Guillermo Strutt —mejor conocido como Lord Rayleigh—, José Juan Thomson, Ernesto Rutherford y Jaime Jeans, para sólo mencionar a los "clásicos". En ese mismo lugar se hizo pública la teoría atómica y el descubrimiento del electrón.

La *Royal Institution* encamina sus actividades en tres direcciones: avanzar en el conocimiento mediante la investigación, estimular la mejor comprensión de la ciencia y cuidar el edificio que la alberga, el cual contiene entre sus muros los recuerdos obvios o sutiles de muchos hombres de ciencia que ahí vivieron. Su actual director, Jorge Porter, premiado con el Nobel y descubridor de la fotólisis relámpago, se refiere a estas tres funciones como a una triple alianza: historia, exposición e investigación. La tradición que ahí se cultiva permanece siempre vigente al cuidar el pasado en sus fuentes, el presente en las nuevas investigaciones, y el futuro en las jóvenes generaciones. Así como la rotación de cultivos y la selección de semillas ayuda al mejor aprovechamiento del suelo, en la *Royal Institution* florecen continuamente las investigaciones, gracias a la rotación de investigadores —todos tienen contratos por tiempo fijo— y al cuidado en escogerlos; con ello los distintos temas de investigación se suceden unos a otros natural y fructíferamente. Ser contratado por la *Royal Institution* está lejos de constituir un "hueso"; es una oportunidad magnífica y una seria responsabilidad en investigación y difusión.

Indice |



XVI. EL APELLIDO DE NESSIE

PARA proteger un monstruo hipotético, lo primero es escogerle un nombre en latín. Tal cosa han hecho Roberto Rines, bostoniano, y Pedro Scott, escocés con redundancia, con el famoso monstruo del lago Ness en Escocia. Tal bicho, al que los nativos del lugar y sus admiradores llaman familiarmente Nessie, tiene una existencia hipotética que pretendió confirmarse mediante fotografías submarinas y registros de sonar que armaron revuelo en la Gran Bretaña. Aunque no lograron convencer a los incrédulos, el estudio de las fotografías suministró un nuevo aire de respetabilidad a la "porra" de Nessie, incluyendo a Rines y Scott. Para aprovechar la propaganda y cumplir con una ley británica que exige un nombre científico para cualquier animal que deba ser protegido de la extinción, Rines y Scott propusieron en la prestigiosa revista *Nature* el nombre oficial de Nessie: *Nessiteras Rhombotery x* y que quiere decir algo así como: maravilla de Ness con aleta romboidal.



XVII. ESTADÍSTICAS NOBEL

Las estadísticas de premios Nobel permiten un somero análisis del número de científicos que han logrado esa distinción por país, por habitante y por decenio. Salta a la vista que la nación nobelísticamente más productiva *per capita* es la tranquila y rica Suiza; en los cinco decenios cuando algún suizo ha sido galardonado, el número de premiados por cada 10 millones de habitantes ha tenido para ese país un mínimo de 0.278 y un máximo 0.667 por año. En comparación, el máximo para los EU es de 0.175, para Alemania fue de 0.230 —antes de la segunda Guerra—, para la Gran Bretaña es de 0.238 y para Francia de 0.153. Pero la mejor marca en este renglón la tiene Holanda, país que en la primera década del siglo obtuvo 0.727 premiados al año por cada 10 millones de habitantes. Este récord, trasladado a México, significaría 5.6 premios Nobel por año. En números absolutos —ya no relativos a la población—, el récord lo tienen los EU en la década de los cincuenta con 29.

Más interesantes son las variaciones con el paso del tiempo y con el cambio de sistema económico. Los nueve premiados de la URSS —dos de ellos prerrevolucionarios— durante los primeros 76 años del Nobel, no corresponden a su gran calidad y productividad científica, sobre todo desde la segunda Guerra Mundial. Es evidente una discriminación fácil de detectar aunque difícil de cuantificar.

La segunda Guerra Mundial señala la traslación de la actividad científica hacia los EU. Hasta 1940 hubo 15 premiados norteamericanos, contra 23 británicos, 36 alemanes y 15 franceses. Pero, por ejemplo, desde 1940 y hasta 1977, se dieron premios a 5 franceses, 15 alemanes, 35 británicos y 90 norteamericanos. La estadística posterior a 1977 muestra la misma tendencia, aunque el *risorgimento* científico en Francia, Alemania y, en menor medida, Italia, ha hecho que ganen de nuevo varios premios Nobel, sobretodo en física y medicina. Suiza y Holanda muestran una disminución a partir de la Primera Guerra Mundial y la Gran Bretaña llega a su máximo en el decenio de los setenta, con una firme tendencia a la baja desde entonces. Los premios Nobel y sus estadísticas son, tanto muestra de la actividad científica de los que los reciben, cuanto de su influencia sobre quienes los otorgan.



XVIII. VÍCTOR WEISSKOPF

SI ALGUIEN es la conciencia parlante del científico de un país desarrollado, ese alguien podría ser Víctor Weisskopf profesor del *Massachusetts Institute of Technology*. Exdirector del Centro Europeo de Investigaciones Nucleares y físico de primera desde hace mucho, Weisskopf no ha dejado de analizar la relación entre la ciencia y la sociedad con una mentalidad que bien refleja el mejor pensamiento occidental contemporáneo. En una reunión de la Sociedad Norteamericana de Física, convocada para conmemorar los 40 años del descubrimiento de la fisión nuclear por Hahn y Strassman, Weisskopf platicó acerca del "Peligro y la Esperanza". La visión científica de Weisskopf se manifiesta en varios puntos de su discurso: "Claramente hay algo diferente en los últimos desarrollos de la física que me gustaría, llamar el brinco al cosmos. Anteriormente estábamos principalmente interesados en procesos similares a los que ocurren en nuestro medio ambiente terrestre. En las últimas décadas, sin embargo, hemos dado un paso decisivo: ahora tratamos con fenómenos exclusivamente extraterrestres."

Para Weisskopf no es novedad la ambivalencia de los descubrimientos científicos: "De vez en vez, nuevos descubrimientos llevan a nuevas armas, a nuevas fuentes de energía y a innumerables aplicaciones de las que mucho bien ha surgido y también algunos resultados que no han sido buenos. En los últimos 20 años se ha puesto de moda enfatizar el no tan bueno; pero seamos objetivos y justos." Esta postura optimista no es gratuita, Weisskopf la adquiere de estudiar la historia —él es un ejemplo de científico "culto" en la mejor acepción del término—. Para Weisskopf, la terrible potencialidad de desentrañar los secretos de las fuerzas nucleares y de los procesos de la vida tiene antecedentes en la coexistencia de las catedrales góticas con las cruzadas de hace 700 años; del arte y la filosofía del Renacimiento con las guerras religiosas hace 500 años; de la música de Mozart y Beethoven con los barcos de esclavos de hace siglo y medio; en nuestro siglo han dado la mecánica cuántica y la teoría de la relatividad al mismo tiempo que los periodos de nazismo y fascismo.

De lo que obviamente no puede escapar Weisskopf es de la perspectiva de ciudadano del Primer Mundo. Tiene razón en afirmar que el peligro del armamentismo nuclear es real y muy superior a los posibles peligros de los reactores nucleares —punto que muchos críticos han dejado pasar de lado—. Pero su perspectiva primermundista sobresale cuando afirma que "la abolición de las armas nucleares debe tener prioridad absoluta; todo lo demás debe subordinarse a esa meta". Las tensiones entre el mundo desarrollado —sea primero o segundo— y todos los demás, producen tanta o más muerte, hambre y sufrimiento que una bomba atómica; y la situación sigue empeorando.

Desgraciadamente y "por construcción" —como dicen los científicos— no hay quien tenga una visión personal, interna y clara, objetiva y moderna, tanto de la situación del llamado Tercer Mundo cuanto de las fronteras amplias de la ciencia. Si nuestros científicos y filósofos de veras son las peras del olmo, un filósofo de la ciencia autóctono y talentoso es tan escaso que no se ha dado.



Indice



XIX. RAYOS Y CENTELLAS

A NADIE le ha caído nunca un rayo por la sencilla razón que los rayos no caen... sino que salen del suelo. Así que por corrección habría que decir: "A Pedro le salió un rayo." Aunque esto ya se sabía desde hace tiempo, la investigación sobre rayos, truenos y relámpagos se veía limitada por no poder producirlos a voluntad. En los últimos años, los doctores Fieux y Gary han estado echando rayos y centellas desde un laboratorio en el Macizo Central en Francia. Los rayos producidos llevan una corriente eléctrica de entre 2 y 20 kiloamperes, y suben con velocidad de 20 kilómetros por segundo o de 100 km/s, más o menos, dependiendo de si la nube hacia la que suben está cargada negativa o positivamente. Como fenómeno sorprendente, Fieux y Gary observaron una "bola de fuego", probablemente producida por una nubecilla de gas incandescente, que podría tener algo que ver con lo que ellos llaman "el folclor de las centellas".



XX. MENSAJES CIFRADOS

LAS novelas de espionaje son *bestsellers* y los mensajes cifrados tienen una gran popularidad. Pero el desarrollo de claves y cifras complejas tiene un profesionalismo que ha hecho avanzar a la criptología hasta alturas que antes no se imaginaban. Los mejores clientes de los descifradores son los gobiernos de los EU y de la URSS, los cuales —además de muchos otros problemas imaginables— se enfrentan a dos que no son ningún secreto: el mando y control del armamento nuclear, y la supervisión del siempre anunciado y nunca alcanzado Tratado de Prohibición de Pruebas Nucleares (TPPN). En ambos casos es necesario tener una comunicación en clave que el "enemigo" o "competidor" no pueda descifrar.

La supervisión del TPPN es particularmente ilustrativa: la URSS ha aceptado que EU coloquen en su territorio sismógrafos que registren y transmitan los datos acerca de sismos que podrían provenir de explosiones nucleares. Los sismógrafos estarían en recipientes sellados —para evitar que les metan mano— y transmitirían la información a los EU. Pero cabría la posibilidad de que los soviéticos manipularan dicha información, por lo que los norteamericanos proponen que ella esté cifrada. Sólo que entonces cabría también la posibilidad de que los norteamericanos usaran los "sismógrafos" para algún otro avieso propósito; por lo que, a su vez, los soviéticos exigen que sólo vaya cifrada una parte —indeterminada— de las transmisiones; esta parte serviría de sello de garantía ante posibles manipulaciones; demandan, además, conocer la clave de esas partes cifradas un mes después de que hubieren sido transmitidas. Los norteamericanos han aceptado estas exigencias y se enfrentan ahora al problema de generar una clave distinta cada mes o, más ambiciosamente, de tener una clave tal, que el conocimiento de su aplicación a casos particulares no permita el descifre de nueva información.

Ante esta peliaguda situación, cayó de perlas hace unos años la invención de un nuevo tipo de claves, realizada por Ronaldo Rivest, Adi Shamir y Len Adleman del *Massachusetts Institute of Technology*. La clave de Rivest —como ya se le conoce— sólo puede descifrarse si se tiene la manera de hacer una operación matemática que todos aprendimos —o debíamos haberlo hecho— en la escuela primaria: descomponer un número en sus factores primos. Así, por ejemplo, la descomposición de 156 es $2 \times 2 \times 3 \times 13$; parece ser tan fácil que no se comprende la dificultad de la clave de Rivest.

Para imaginar esta dificultad hay que tomar en cuenta que descomponer un número en sus factores primos se torna más y más laborioso conforme el número a descomponer sea más grande. Puede uno hacer la prueba con un número de seis dígitos: se lleva un largo rato. Como la clave de Rivest podría tener una gran importancia táctica, el *Institute for Defense Analysis* (IDA) de Princeton —donde se concentran los "cerebritos" del Pentágono— organizó una reunión de expertos para estudiar hasta qué punto es indescifrable esa clave. El IDA cuenta con las computadoras más rápidas de la actualidad —llamadas Cray— con las cuales un número de 100 dígitos se puede descomponer en sus factores primos en cuestión de meses. Si ésta es la única manera de descifrar la clave de Rivest, se puede tomar un número lo bastante grande para que el descifre se lleve muchos años, lo que la hace prácticamente indescifrable.

Más recientemente se han considerado aplicaciones civiles y pacíficas de la clave de Rivest. Con base en ella se podría diseñar un sistema de transacciones bancarias que no requiriera de la firma del cuentahabiente. Este tipo de sistemas son indispensables para implantar con plenitud los mecanismos de "banco en su casa", que aprovechan las telecomunicaciones y las computadoras.

Ahora que, si las superpotencias quisieran frenar de veras el armamentismo nuclear, tienen maneras muy directas de lograrlo. El problema requiere de visión humanista y decisión política más que de nuevas claves.

Indice



XXI. MÚSICA Y CULTURA

"EL PERFIL de una sociedad puede proyectarse gruesamente del de su música." Esta afirmación, que tomada a la ligera suena a perogrullada, ocasionó una polémica entre los etnólogos. Todo el mundo está de acuerdo en que las canciones, por ejemplo, son un reflejo de la sociedad que las produce. Pero, ¿cómo es posible medirlo?, ¿cuáles son las características de una canción —aparte, obviamente, del tema y el idioma— que permiten identificarla como parte de una cultura particular? Alán Lomax, investigador de la Universidad Columbia de Nueva York, pretendió haber obtenido varios criterios que llevan a una clara correlación entre el tipo de canción y el nivel de complejidad de la cultura correspondiente. Lomax propuso un factor de diferenciación que incluye la precisión de los enunciados del texto, la longitud de los intervalos y el grado de su repetición; otro factor, por ejemplo, es el "nivel energético" que comprende el registro vocal, la intensidad, etcétera.

Con esta investigación, Lomax se hizo famoso junto con su padre Juan. Entre otras cosas, hicieron una recopilación de canciones folclóricas norteamericanas y "descubrieron" al cantante Leadbelly. Para el estudio de Etnomusicología, Lomax y sus colaboradores estudiaron unas 4 000 canciones de 400 grupos culturales, y se atrevieron a hacer amplias generalizaciones con base en sus análisis.

Sin embargo, Lomax fue acremente criticado en dos aspectos: por usar una metodología poco rigurosa en el muestreo y en los criterios de clasificación, y por manejar una base antropológica discutible y anticuada. No obstante las críticas, Lomax cuenta con un buen número de seguidores, tanto por la atracción que ejercen sus ambiciosas generalizaciones, como por su personalidad de tintes carismáticos. En este último punto coincide con otros campeones de causas polémicas en otros campos científicos, al estilo de Zeeman en la teoría de las catástrofes y de Hoyle en astronomía.



XXII. LA TERRADINÁMICA

LA CLASIFICACIÓN de las ciencias y técnicas se han venido a complicar aún más con un nuevo engendro: la terradinámica. Con esta palabrita se refiere uno a las técnicas y a la "ciencia " de penetración de la corteza terrestre, de importancia para medir el espesor de los hielos árticos y de los sedimentos marinos. La terradinámica cuenta en su arsenal de dispositivos con un verdadero cañón desarrollado por los Laboratorios Sandia de Nuevo México, que es capaz de lanzar un proyectil que atraviesa hasta 30 metros de roca, y que sirve para inyectar detectores sísmicos y acústicos.



XXIII. DEL ÁTOMO AL CUARK

HACE 2 500 años comenzó a escribirse una historia extraordinaria cuando Demócrito, sustentado en las ideas de su maestro Leucipo, se imaginó que toda la materia estaba constituida por pequeñísimas partes —partículas o corpúsculos— que eran indivisibles: los átomos. Como modelo filosófico, el atomismo sobrevivió dentro de la corriente materialista, con mejor o peor suerte, hasta el siglo XVII y sirvió de fecundo estímulo a las especulaciones de los pensadores. A partir de entonces y durante casi 300 años, la ciencia moderna paulatinamente fue convirtiendo el atomismo en un verdadero modelo científico, hasta llegar a su confirmación definitiva a principios del siglo XX. Como paradoja, el triunfo del modelo atómico en la ciencia atentó de lleno contra una de sus premisas originales y que le dio nombre; el átomo resultó divisible y sus partes dieron lugar a todos un nuevo nivel de fenómenos: el mundo subatómico.

Durante las edades Antiguas y Media, el atomismo no pasó de ser una mera especulación que competía con otras tendencias por el favor de los filósofos. Había que esperar el advenimiento del moderno método científico, cuyo paradigma fue puesto por Galileo y Newton, para que el modelo atómico fuera puesto a prueba en su capacidad de predicción y descripción. Los primeros intentos no dejaron de ser, en buena parte, infructuosos. Las ideas de Gassendi, Newton y Bernoulli para explicar las propiedades generales de los gases a partir del modelo atómico fueron esencialmente correctas, pero demasiado cualitativas e ingenuas; por ello sus conclusiones no podían someterse a pruebas cuantitativas. La primera definición científica del modelo atómico había de darse en la química con el trabajo de Dalton y Lavoisier. Ya durante el siglo XIX, el desarrollo de la química acarrió el refinamiento del concepto atómico y su cada vez más firme cimentación, coronados por la esencial distinción entre átomo y molécula, debida a Avogadro, y por la célebre Tabla Periódica de los Elementos de Mendeleiev. Por su lado, los físicos habían regresado por sus fueros: Maxwell y Boltzmann lograron completar el programa que Newton y Bernoulli habían dejado apuntado. Así, en los últimos decenios del siglo pasado, una mayoría de los científicos —curiosamente, no los más influyentes que eran muy conservadores— aceptaban el modelo atómico pese a que las pruebas que lo sustentaban, aunque abrumadoramente extensas, eran sólo indirectas.

El descubrimiento de fenómenos que sin discusión son atómicos se produjo con el cambio de siglo: la radioactividad, la fotoelectricidad, los rayos catódicos y otros no tan conocidos. Ahora era el turno de los físicos para explorar el átomo: Planck, Einstein, Rutherford, Bohr, De Broglie y toda una generación de geniales hombres de ciencia construyeron, a la par del descubrimiento atómico, toda una nueva concepción teórica del mundo: la mecánica cuántica. Resultó que el átomo no es el ente más elemental; no es indivisible ni inmutable; está formado por núcleo y electrones, y su estructura gobernada por leyes radicalmente diferentes a las de la naturaleza macroscópica.

La búsqueda de los verdaderos elementos de la materia adquiere entonces una velocidad vertiginosa. El mismo núcleo de los átomos revela una estructura y nuevas componentes: los protones y los neutrones. Estas partículas, junto con el electrón, reciben el calificativo de elementales, lo que refleja el eterno deseo, ya vivo en Demócrito, de explicar la naturaleza en términos de algo que no requiera, a su vez, una nueva explicación. Quien lea el libro *Materia y luz* de Luis de Broglie, premio Nobel de física y que todavía usaba el título de príncipe en la muy democrática República Francesa, publicado en 1937, encontrará una elocuente defensa de esta aspiración.

El mundo de las partículas subatómicas se pobló con rapidez y se enriqueció con nuevos corpúsculos descubiertos en los rayos cósmicos y en los gigantescos aceleradores de partículas. Algunas veces las nuevas partículas fueron vislumbradas en la teoría antes de observarse en la realidad, como sucedió con los neutrinos, elusivos corpúsculos que, como explicaba magistralmente don Juan de Oyarzábal, son los más cercanos a la nada que puede ser algo sin dejar de ser algo. La anticipación teórica de la antimateria, descubierta por Dirac y después bien confirmada, casi duplicó la población de partículas, ya que a cada una le toca su antipartícula. Los nombres que han recibido todas estas especies son extraños al lego

—piones, muones, bariones, mesones, hiperiones, etc.— y pueden reaccionar entre ellas y convertirse unas en otras. Tamaña complejidad no podía darse en algo que fuese rigurosamente elemental: sus propiedades deberían explicarse gracias a una nueva estructura y ésta involucraría nuevas partes que casi todo físico esperaba fueran, ellas sí, elementales. Incluso aparecieron escépticos que no creían en la idea de que unas partículas fuesen más elementales o fundamentales que otras. Liderados por el profesor Chew, de la Universidad de Berkeley, los miembros de esta minoría propusieron una teoría "democrática" en la que todas las partículas eran igualmente fundamentales y con interesantes colas filosóficas, que algunos lograron conectar con el budismo Zen. Con el pasar de los años y con los descubrimientos más recientes han salido ganando los físicos más conservadores, quienes al modo de la granja orwelliana creen que hay unas partículas más fundamentales que otras.

El misterio por desentrañar, oculto en lo minúsculo, es tan grande que requiere de un esfuerzo gigantesco. Durante los últimos decenios, la investigación de las partículas elementales ha ocupado a miles de científicos en todo el mundo y ha absorbido inversiones de miles de millones de dólares. Esta investigación es muestra de un modo nuevo de hacer ciencia. En vez del frío laboratorio en algún sótano o buhardilla, los gigantescos edificios con todos los servicios, repletos del más refinado equipo electrónico y con clima acondicionado para no sentir el frío invierno de Siberia o el caluroso verano de Nuevo México; en lugar de unos cuantos y apasionados hombres de ciencia, que trabajan como iluminados bajo adversas condiciones, nutridos grupos y equipos de investigadores, entrenados profesionalmente y con todas las facilidades para trabajar.

Los fenómenos que se estudian en estos laboratorios son rapidísimos —algunos duran una trillonésima de segundo—, ocurren en distancias pequeñísimas —en ocasiones de un billonésimo de centímetro— e involucran energías miles de veces mayores que las que se producen en un reactor nuclear. No está de más insistir en lo difícil que es hacer mediciones y observaciones a esa escala. Pero el problema teórico y conceptual no es más sencillo que el experimental y práctico. Los fenómenos subatómicos ocurren de acuerdo a leyes que no tienen relación directa con la experiencia del hombre; los investigadores deben entonces aplicar su lógica y su imaginación en niveles de gran abstracción.

A principios de los setentas, Gellmann y Zweig propusieron un modelo para explicar un amplio y numeroso grupo de partículas, las llamadas hadrones que comprenden el neutrón y el protón; dicho modelo presupone la existencia de otras partículas a las que Gellmann bautizó *cuarks*, palabra tomada de una novela de James Joyce y que también utilizó Goethe. El modelo de los cuarks permite hacer con los hadrones lo que el modelo nuclear del átomo logró con los elementos químicos. Pero a diferencia de lo que ocurrió en el caso atómico, donde se construyó el modelo cuando ya se conocían algunos de sus constituyentes —los electrones y los protones—, en el caso de los hadrones la existencia y las propiedades de los cuarks se han determinado por inferencia y deducción. Los cuarks deben tener propiedades comunes a otras partículas como masa y carga eléctrica, aunque ésta sea en su caso de tercios de la carga del electrón; pero también deben tener otras propiedades de reciente invención o descubrimiento, que los físicos han bautizado con palabras comunes como color, sabor y encanto. En particular, el "color" de los cuarks es tan importante, que se hace referencia a estas teorías con términos como cromodinámica y tecnicolor.

Otros desarrollos más recientes se refieren al grupo de partículas llamadas leptones, en el que se incluye al electrón. El nombre de "leptón", que quiere decir ligero, se introdujo porque esas partículas eran más ligeras que las demás, pero últimamente se habla ya de un "leptón pesado" que vendría a explicar toda una serie de propiedades de una familia de partículas. Todas estas invenciones y descubrimientos son de una gran trascendencia, pues revelan la existencia de fenómenos en nuevos niveles y nos permitirán entender mejor los niveles superiores y ya conocidos.

No obstante, el desarrollo de esta historia parece un cuento de nunca acabar, en donde los elementos de cada estructura dan lugar a nuevas estructuras con nuevos componentes. Bien podría ocurrir que la ilusión de encontrar al final los verdaderos "elementos" de la materia quede por siempre como mero sueño.

Indice



XXIV. CHUCHUNA Y EL YETI

Los viajeros que exploran el Himalaya regresan a veces con relatos del Yeti, monstruo peludo y gigantesco que acostumbra aterrorizar a nepaleses, chinos y tibetanos, además de huir con extraña y sospechosa habilidad del lente de todos los fotógrafos. Pues bien, parece que el Yeti tiene un colega llamado Chuchuna; por lo menos así lo indican muchos informes recogidos por la sección de Yakut de la Academia de Ciencias de la URSS.

Mudo y torpe, gigantón y peludo como el Yeti, Chuchuna se aparece los veranos, preferentemente al alba o al ocaso, y si bien es tímido y asustadizo, ha llegado a enfrentarse en desigual pelea con algún cazador o pastor de renos. Así lo afirman varios informes de terceros, porque Chuchuna es también muy ducho en evitar ser fotografiado o capturado. Con base en tales informes, S. Nikolayev —miembro de la directiva de la academia yakutiense— propuso como explicación que Chuchuna es uno de los últimos sobrevivientes de los aborígenes paleoasiáticos siberianos, que buscó refugio en las regiones más inaccesibles de los ríos Yana e Indigirka. Según Nikolayev, casi todos los testigos hablan del Chuchuna como de una realidad, sin el fantástico detalle tan característico de las leyendas". Por lo visto en todas partes se cuecen habas, hasta en las remotas y frías comarcas de la socialista Yakut.



Indice



XXV. LA BRÚJULA DE LAS AVES

CUANDO nos encontramos en una ciudad extraña, y no tenemos a quién preguntar por el camino, necesitamos un mapa y una brújula para orientarnos. Las aves migratorias y las palomas mensajeras carecen de brújulas y de mapas, y sin embargo poseen un sorprendente sentido de orientación. ¿Qué usan estas aves para no perderse? Hace varios decenios, Gustavo Kramer señaló la imposibilidad de hallar el camino correcto sin esos dos elementos.

Por su lado, el profesor F. Papi, de la Universidad de Pisa, hizo un experimento que demostraba que las palomas mensajeras se orientan gracias a un mapa olfativo, y que aprovechan los olores que son acarreados por el viento. Desgraciadamente para el profesor Papi, esos experimentos no han podido repetirse en lugares menos aromáticos que la dulce campiña italiana.

En cuanto al sustituto de la brújula, hay pruebas de que las aves usan el Sol y las estrellas —como cualquier navegante primitivo—, pero también el campo magnético terrestre. Los experimentos que sugieren esta última posibilidad fueron realizados en Frankfurt, pero lo que constituye un misterio es cómo le hacen las aves para detectar o sentir los campos magnéticos. Todo hace suponer que tendremos que esperar bastante para encontrar la explicación certera de ese primitivo y fantástico sentido de orientación.



XXVI. EL AUTO ELÉCTRICO

¿POR qué no tenemos automóviles eléctricos? ¿Tienen la culpa las caras y pesadas baterías convencionales? ¿El limitado radio de acción de los prototipos que se han construido? ¿Las dos razones juntas? Si se pone uno a analizar las cosas con cuidado, uno se da cuenta que la verdadera respuesta no va por ahí. Los autos eléctricos con baterías de plomo alcanzan ya un radio de acción de 80 km, y en países tan automovilizados como los EU, más de 50% de todos los recorridos diarios están dentro de ese límite. Además si bien el costo de un automóvil eléctrico, equivalente a uno común de gasolina, sería mayor hasta en un 60%, ese incremento se puede reducir si se diseña un auto para el transporte urbano de manera racional (sencillamente haciéndolo chiquito).

De acuerdo con una ley del Congreso de los EU, que aprobó un gasto para desarrollar autos eléctricos, los responsables son otros. Ciertamente es que ese Congreso no nombra a los culpables, pero al aplicar el tradicional método de eliminación (véase Conan Doyle) se queda uno con dos: las industrias automovilística y petrolera; si el gobierno de los EU pareció decidido a llevarles la contra, es por tratar de sustituir el consumo de petróleo por el de otros energéticos.



XXVII. PARTÍCULAS ENCANTADORAS

LA FAUNA submicroscópica de las partículas elementales se enriqueció hace unos años con el descubrimiento de dos nuevos ejemplares a los que se les llamó ψ o psiones.

Para explicar las propiedades de las decenas de partículas subatómicas que se han ido descubriendo, los físicos han tenido que inventar toda una serie de propiedades con nombres como isoespín, extrañeza, paridad, etc. Lo gracioso de los psiones es que para explicarlos se ha añadido una característica llamada encanto (*charm*). De hecho, el que algunas partículas puedan ser encantadoras fue propuesto hace ya muchos años por Sheldon Glashow en relación con otras partículas, los cuarks, que se supone son los ladrillos para construir los protones y los neutrones, entre otras cosas.

La teoría de las partículas encantadoras (o encantadas) se reafirmó después de casi un año de haberse descubierto los psiones en experimentos realizados en Stanford y en Hamburgo. No obstante, los psiones no son encantadores, porque están formados por la pareja de un cuark encantador y de su antipartícula; esta última tiene un encanto negativo, de manera que su repugnancia se cancela con el encanto de su pareja, quedando el psión sin ningún encanto particular. Después, la búsqueda se centró en encontrar una partícula que sea efectivamente encantadora, pero mientras la encuentran, los que proponen esta teoría: Glashow, Bjorken, Appelquist y otros están encantados de la vida.



XXVIII. DON COSME BUENO, DESCUBRIDOR

El doctor don Cosme Bueno descubrió en el Perú, en 1764, que una mosca (*Phlebotomus*) es el vector de las enfermedades llamadas de Carrión (*Bartonellosis*) y Leishmaniasis, con lo que se adelantó 150 años a la fecha en que se creía haberse descubierto. El descubrimiento había quedado ignorado por mucho tiempo. Don Cosme publicó su descubrimiento en español en una obra que lleva el siguiente título: *"El Conocimiento de los Tiempos. Epheméride del año 1761, Bisiesto: en que van puestos los principales Aspectos de la Luna con los Astros, y de ellos entre sí. Calculado por las tablas de Cassini para el meridiano de esta muy noble, y muy leal Ciudad de Lima, Capital, y Emporio de esta América Meridional. Con Calendario de las Fiestas y Santos en que van notados los días Feriados de los Tribunales con esta señal F. Los de trabajo, con obligación de oír Misa, con ésta (*). Los de Fiesta con ésta X, y los de precepto para los Indios con ésta XX."*

A nadie le asombra que haya costado trabajo encontrar tras de este título el descubrimiento.



XXIX. MARTE Y SUS CANALES

LA DISCUSIÓN acerca de los canales de Marte continúa una larga polémica que se inició con Schiaparelli hace más de 100 años. Los famosos canales marcianos han sido fuente de toda clase de imaginерías: civilizaciones refinadas, culturas extintas, gigantescos proyectos de irrigación que dejarían los canales siberianos como empresa liliputiense. Son innumerables los autores, novelistas, charlatanes y hasta astrónomos respetables que han creído en la realidad de esos canales y se han dedicado libros y atlas a su descripción detallada. Ante toda esa información, la verdadera y la inventada, las mentes conservadoras han hecho gala de escepticismo y han entrado en la polémica para deshacer entuertos, achacando la observación de los canales a ilusiones ópticas o a la autosugestión de los testigos.

Las fotografías de Marte tomadas desde las naves *Mariner* en la década de los setenta deberían haber terminado con la discusión. O por lo menos, eso es lo que se creía. Los planetólogos Fox y Sagan —famoso éste por sus espléndidos programas para televisión— se dedicaron a comparar minuciosamente las fotografías de los *Mariner* con el atlas de los canales publicados por Slipher en 1962. Ellos trataron de decidir si los "canales" observados al telescopio correspondían con características topográficas registradas en las fotografías, como valles, cañones series de cráteres. Y en efecto, Fox y Sagan encontraron que unos cuantos "canales" pueden explicarse mediante accidentes del terreno marciano. Pero la mayoría de los canales no tienen una clara correspondencia topográfica en la realidad, por lo que los autores los relegan, otra vez, a meras ilusiones ópticas producidas por las imperfecciones de nuestro sistema visual.

Esta conclusión sólo hizo que la polémica se renovara. Considerando que hay demasiadas coincidencias entre "canales" observados y dibujados independientemente algunos no están dispuestos a culpar de su existencia a la mente calenturienta de los observadores, e insisten en que debe existir alguna explicación física de tales "canales". Un argumento válido en apariencia apunta a la imperfección de los mecanismos de observación del *Mariner*, que no podían distinguir características de la superficie marciana que contrastaran poco de su medio circundante.



XXX. TOPONIMIA MARCIANA

PERO mientras unos se pelean sobre los canales marcianos, otros astrónomos disputan acerca de los nombres de la "geografía" marciana. En esta época de comisiones, conferencias y años internacionales, la guerra de la toponimia marciana se efectúa, obviamente, en el seno de un comité. Después de varios años de extenuantes discusiones y regateos, se publicaron los nombres seleccionados. Para los cráteres de más de 20 kilómetros de diámetro se usaron nombres de personas, necesariamente fallecidas, escogidas entre marcianólogos, astrónomos, novelistas y científicos. Es una sorpresa encontrar en una lista de varios cientos de nombres, al lado de Schiaparelli, Copérnico, H. G. Wells y E. R. Burroughs, a Francisco J. Escalante, que fuera astrónomo del antiguo observatorio de Tacubaya entre 1916 y 1923, entonces activo bajo la dirección de Joaquín Gallo.

Escalante nació en Morelia, Michoacán, 10 años después de las observaciones que Schiaparelli hizo de Marte, y fue en su tiempo un ilustre planetólogo, preocupado sobre otros asuntos por determinar con precisión el periodo de rotación de los planetas. Es irónico que, mientras Gallo tiene ya una bella calle de Chimalistac con su nombre, Escalante haya tenido que esperar, dondequiera que lo haga, a que la Unión Astronómica Internacional lo recuerde en un hermoso cráter cerca de uno de los polos del planeta Marte. En recorrido por nuestra muy noble e ingrata ciudad, jamás se topa uno con el letrerito "J. P. Escalante", ni aparece en el índice de la *Guía Roji*. Con el cráter Escalante, son ya dos los nombres mexicanos perpetuados en nuestro sistema solar. El otro es el de Luis Enrique Erro, con el que se bautizó un cráter en el lado oculto de la Luna. Como punto chusco de la toponimia marciana se tiene el vasto conjunto de cañones descubierto por el *Mariner 9*. Para festejarlo, la UAI bautizó al lugar como *Valles Marineris*, que resultó un infeliz latinajo, realmente quiere decir: "valle en escabeche".



XXXI. ENERGÍA SOLAR

LA ENERGÍA solar y la tecnología asociada a ella toman un cariz cada día más prometedor (por lo menos para los países industrializados). La Oficina de Investigación y Desarrollo de Energía, OIDE , de Los EU , terminó un estudio en el que la energía solar tiene un lugar preponderante. Entre otras cosas, la OIDE pensaba patrocinar la construcción de 4 000 edificios calentados por energía solar, y se esperaba que para 1985 ya existieran varias plantas generadoras de electricidad con capacidad de 100 megawatts en varias unidades.

Dado que vivimos en el país de la eterna primavera, es de la mayor importancia que preparemos especialistas en energía solar que nos permitan desarrollar a tiempo nuestra tecnología. No debemos esperar a que se nos acabe el petróleo. . .



Indice



XXXII. EL SOL EN LA TIERRA

UNA de las grandes esperanzas en cuestión de energéticos es la fusión nuclear. La energía que se libera en ese fenómeno mantiene encendidos a los astros durante miles de millones de años, y en nuestra reducida escala humana sólo ha podido manifestarse en la nefasta y famosa bomba H. Los esfuerzos por dominar esa energía de manera saludable llevan ya varios decenios y en su mayoría han tratado de construir un reactor de fusión.

El principal problema a vencer en la construcción de tales reactores es la gran temperatura que deben soportar, lo cual logran usando campos magnéticos a manera de paredes. No obstante los avances logrados en este sentido, podría uno pensar que la solución buscada es demasiado ambiciosa y que habría procedimientos más "rudimentarios". .. y más prometedores. Para usar una analogía, es como si al descubrirse el potencial energético de la gasolina, los ingenieros hubieran comenzado por diseñar un avanzado motor de turbina en lugar de uno más sencillo de cuatro tiempos.

Hace varios años se planteó así una alternativa en la fusión: en vez de tratar de controlar una reacción sumamente intensa y continua, optar por un gran número de pequeñas reaccioncitas que se sucedieran en el tiempo. Esta última posibilidad se hizo asequible al progresar la tecnología en un área ajena a la fusión: la fabricación de láseres de gran potencia. Los láseres servirían, a manera de bujías de un motor de combustión, para proporcionar la "chispa" que inicie la explosión. Dos requisitos para que un láser cumpla a satisfacción con su papel de "bujía" son un gran rendimiento energético y una absorción eficaz de la luz del láser por el combustible nuclear que se debe "encender".

Independientemente de los esfuerzos sistemáticos, costosos y confidenciales que se realizan en los EU y en la URSS, un grupo de investigadores canadienses hicieron un experimento que contribuye a cumplir con los dos requisitos apuntados. Lo que descubrieron Baldis, Pépin, Johnston y Parbhakar mediante un láser de bióxido de carbono, es cómo producir en un plasma una absorción de luz mucho mayor que la que se había logrado anteriormente.

Aunque para alcanzar el objetivo ansiado de "tener un sol entre las manos" será necesario todavía un grandísimo número de aportes tecnológicos, los expertos en fusión y en energéticos no dudan de que se llegará a él en un tiempo no lejano. Como las inversiones para entrar en la competencia fusional con las técnicas más convencionales son gigantescas, es lógico que un país pobre como México no participe en esos aspectos (sobre todo si consideramos que comenzaríamos sumamente atrasados). No obstante, es ilógico que no se esté haciendo actualmente el esfuerzo por desarrollar nuestra infraestructura científica y técnica en esta área, incluyendo campos como plasmas, láseres, ingeniería eléctrica avanzada, etc. Ya que no pudimos entrar a la primera carrera, debemos cuidarnos de que cuando ella termine no sigamos como el chinito del cuento...



XXXIII. CIENTÍFICOS CRÉDULOS

Es un hecho que hay científicos crédulos o ingenuos ante hazañas como las del famoso Uri Geller hace unos años. Pero todos los que creen firmemente en el escepticismo pueden sentirse satisfechos: Uri Geller ya fue desenmascarado. En el libro de un famoso ilusionista. (*The Magic of Uri Geller*, por Jaime Randi) se ponen de manifiesto los principales trucos que Geller usaba para "doblar" llaves y cucharas, y para "componer" relojes. Además de lo entretenido del libro, vale la pena leerlo por todo lo que ya no aguantamos a nuestras crédulas amistades. Algunos de los argumentos: el señor Randi hizo los mismos trucos que Geller frente a un auditorio hostil y no se los descubrieron (aunque después explicó algunos). Uri Geller había sido condenado por una corte de Israel a regresarle la "entrada" a un espectador que lo demandó por fraude... y se lo probó. En un programa de televisión en los EU no le salió ningún truco (el director del programa había tenido la simple precaución de consultar a un ilusionista para prevenir cualquier truco). En el caso de los "shows" ante científicos, todo se resume en las palabras de Marcelo Blanc: "se puede tener una mente científica y dejarse tomar el pelo".



XXXIV. MÁS PARTÍCULAS

LA EXPLORACIÓN del mundo subatómico nos permite vislumbrar un nuevo nivel de estructuración de la materia. Durante décadas, la investigación del microcosmos produjo el descubrimiento de docenas de partículas que, por suponerse los constituyentes últimos de la materia, se califican de "elementales". No obstante, la terquedad de los científicos por explicar todo lo que observamos los ha llevado a concebir la existencia de partículas, si se perdona la expresión, más elementales todavía: los cuarks. Si bien se han inventado varios modos de usar cuarks para explicar muchas propiedades de una importante familia de partículas, y si bien un científico quemó su buen nombre, hoy casi en el olvido, al precipitarse en anunciar haber descubierto un cuark, éstos están lejos de haber perdido popularidad. Ya contamos la historia de los piones, partículas que están construidas de un par de cuarks con una novedosa propiedad: el encanto.

Como muestra de la vitalidad de la ciencia, que se lanza a la búsqueda de las más imaginativas posibilidades, se planteó la posible existencia de alguna partícula netamente encantadora. Varios grupos de investigación dieron a la luz el descubrimiento de otra partícula que podría tener el tan soñado encanto. Esto le dio mayor interés al descubrimiento, que por sí sólo sería de importancia para los especialistas. Los grupos de investigación que contribuyeron al descubrimiento de la partícula son tres: uno formado por investigadores de Wisconsin, Berkeley, el CERN (Centro Europeo de Investigaciones Nucleares) y Hawaii; el segundo, de Harvard, Pennsylvania, Wisconsin y el Laboratorio Nacional de Aceleradores Fermi (conocido en el mundillo de los físicos como Fermilab), y el tercero del mismo CERN.

Las nuevas partículas fueron creadas haciendo chocar un haz de neutrinos (sutiles partículas sin masa) en contra de núcleos atómicos. Como es costumbre, las nuevas partículas fueron identificadas después de analizar meticulosamente los productos de su desintegración.



XXXV. LOS MISTERIOS DE LA QUÍMICA

UNO de los misterios de la química fue develado plenamente después de una larga historia. Una versión moderna del viejo sueño alquimista lo vería poblado de reacciones químicas y nucleares: la transmutación de los compuestos y de los elementos. Hasta antes del descubrimiento de la radiactividad, de la fisión y fusión nucleares y de otros fenómenos subatómicos, las únicas reacciones contempladas eran totalmente químicas: combinación, recombinación, composición y descomposición de elementos. Esta visión de las reacciones químicas se concretó en la segunda mitad del siglo pasado al establecerse la esencial distinción entre compuesto y elemento.

La historia de las reacciones químicas en lo que va del siglo (y ya va mucho) puede separarse en dos claros periodos, ambos indisolublemente ligados al desarrollo de la física. En el primero se estableció la base de nuestro entendimiento del mundo microscópico: el átomo y la molécula vinieron a materializar de modo definitivo la concepción de los compuestos de elementos distintos, y la física cuántica suministró el entendimiento teórico necesario. Esta etapa culminó alrededor de 1930 y se sintetiza en una famosa frase del también famoso Pablo Adrián Mauricio Dirac: "La química está ya resuelta en principio." Para qué decir lo que esta frasecita ha pesado en el ánimo de los científicos, que durante años se han desvelado para cambiar el "en principio" por un punto final. Estos años forman la segunda parte de la historia reciente de la química; y decimos que forman porque estamos viviendo la transición a la que tal vez sea una tercera.

En efecto, el primer cálculo detallado y completo de la más sencilla de las reacciones químicas (entre un átomo y una molécula de hidrógeno) fue enunciado en los 70 casi simultáneamente por dos pares de científicos: A. Kupperman y G. Schatz, del Instituto Tecnológico de California, y R. Wyatt y A. Elkowitz de la Universidad de Austin. Estos cálculos revisten una gran importancia. Sirvieron de referencia para probar qué tan buen cubero es el ojo de los químicos que proponen soluciones aproximadas, las que son indispensables para entender reacciones químicas más complejas. Además, los cálculos teóricos muestran la necesidad de realizar nuevos experimentos que puedan compararse con los primeros. De todo esto resulta un entendimiento detallado que se reflejará en mejores láseres químicos, entre otras muchas aportaciones.



XXXVI. LOS FENÓMENOS ALINEALES

BUENA parte del progreso de las ciencias físicas se sustenta en la gran aplicabilidad de una observación de sentido común: si dos cosas se parecen mucho, sus comportamientos serán casi idénticos. Planteada de esta manera, la actividad de los científicos se ha concentrado en descubrir el sentido profundo de decir "se parecen" y en inventar conceptos y técnicas para entender el "comportamiento". No obstante, todos conocemos fenómenos que no siguen esa regla, y la ciencia que sin haberlos ignorado totalmente nunca los tomó demasiado en serio, ahora los enfrenta.

La dinámica de las poblaciones, el desarrollo de los seres vivos, la mecánica de los fluidos y muchos otros campos abundan en ejemplos de esos fenómenos: ¿qué es lo que hace que de unas cuantas células casi idénticas se desarrollen órganos perfectamente diferenciados? ¿Por qué una barra de hierro al doblarse bajo presión puede adoptar una y mil configuraciones?

La complejidad de estos fenómenos puede relacionarse con una característica de las ecuaciones que describen su evolución, característica que se denomina "falta de linealidad", "alinealidad" o, en horrible engendro, "no linealidad". El estudio de estas ecuaciones, que son básicas en el entendimiento de los fenómenos mencionados, se ha emprendido con mucho valor y tesón en los últimos años; aunque no hay que olvidar que ya hace 200 años Don Leonardo Euler comenzó a analizarlas y nunca se han relegado por completo. Como resultado de estas investigaciones, el vocabulario matemático se ha enriquecido con términos imaginativos: matemáticas del caos, teoría de ramificaciones y cascadas de bifurcaciones.

El aspecto esencial que presentan las ecuaciones alineales es que, si bien bajo ciertas circunstancias tienen sólo una solución, basta un pequeñísimo cambio en dichas circunstancias para que se den dos soluciones posibles a esto se le llama una bifurcación, y al igual que con la vida de un personaje de novela, al encadenarse unas circunstancias tras otras, llegan a una increíble riqueza de variaciones. Éstas producen el rompedero de cabezas de los científicos y nuestro asombro ante la casi infinita variedad de los seres vivos, las olas del mar y las llamas del fuego.



XXXVII.LA PREDICCIÓN DE TERREMOTOS

LA PREDICCIÓN de terremotos parece ser una técnica que adelanta a paso lento y firme. Los expertos, imbuidos de una sana cautela, se resisten a anticipar el día de la victoria. Una materia de discusión fue suministrada hace unos años por noticias procedentes de China. En efecto, parece que en ese país es más fácil predecir los movimientos de la corteza terrestre que los de la política y la sociedad.

Hace unos años, coincidiendo con el comienzo de la Revolución Cultural, China inició un programa de estudio de los temblores muy extenso. Además de incorporar el análisis de los síntomas premonitorios considerados en otros países, en China se toman también en cuenta los ruidos subterráneos y el comportamiento de los animales. Mediante esta combinación de técnicas ortodoxas con otras poco convencionales, los científicos chinos predijeron la ocurrencia de varios terremotos de gran intensidad. No se sabe a ciencia cierta en cuántos de ellos han acertado, aunque en un caso la predicción bien puede haber salvado miles de vidas: después de la evacuación de la población en la provincia de Liaoning, se produjo un terremoto de gran intensidad (magnitud 7.3) que destruyó casi totalmente una ciudad de 100 000 habitantes.

La noticia acerca de estos triunfos de los sismólogos chinos circuló ampliamente en los medios "masivos" de información. No obstante, debe temperarse la expectativa de alcanzar un resultado espectacular de la noche a la mañana. El camino más seguro y posiblemente el más rápido para llegar a predecir los grandes sismos, está claramente indicado por la dinámica del propio método científico: una juiciosa combinación de factores empíricos y teóricos, aunada a una profunda revisión crítica.



XXXVIII. DINOSAURIOS

LA EXPLOSIÓN científica de la posguerra ha ocasionado que miles de personas en todo el mundo puedan vivir de investigar siguiendo las estrictas reglas del juego. Ellas investigan todo: lo útil, lo importante, lo difícil, lo que les gusta, lo que sus jefes les ordenan o lo simplemente enigmático; y lo hacen en serio. De esta manera se encuentran resultados que, además de otras virtudes, parecen extraídos de aquella famosa plana periodística titulada "Increíble pero cierto"; éste es el caso de varios estudios acerca de los dinosaurios, publicados hace tiempo en *Nature*.

¿Sabía usted que los dinosaurios probablemente sufrían desmayos si tenían la ocurrencia de levantar mucho la cabeza? ¿y que los que no fueran propensos a esos desmayos tenían el corazón hipertrofiado? Parece además que esos monstruos no podían haber correteado detrás de ninguna pobre víctima, por la sencilla razón que casi nunca corrían, y que si se decidían a hacerlo no lograrían alcanzar ni a un niño de ocho años.



XXXIX. EL NITRÓGENO DE LAS PLANTAS

DESDE hace siglos la rotación de cultivos se usa empíricamente por numerosos agricultores para renovar las tierras de labor. Pero con el aumento escandaloso en la demanda mundial de alimentos, desde hace muchos años se ha buscado la manera de darle una manita a la naturaleza. Se sabe que el elemento esencial para los cultivos es el nitrógeno y que la principal dificultad estriba en que la mayoría de las plantas no pueden "fijarlo", esto es, no pueden asimilar el nitrógeno molecular tan abundante en nuestra biósfera, sino sólo el nitrógeno contenido en el amoníaco.

La manera fácil, o bruta, de remediar esta deficiencia consiste en suministrar a las plantas el amoníaco en forma adecuada; esto ha propiciado la construcción de gigantescas plantas de amoníaco que usan un proceso químico conocido como de Haber, el cual involucra el consumo de grandes cantidades de petróleo o carbón, y el manejo de las sustancias a temperaturas de 500°C y a presiones hasta de 400 atmósferas. Por ello, la producción industrial de amoníaco ha sido y sigue siendo una piedra clave en el esfuerzo por incrementar la productividad agrícola, incluso en países como el nuestro, donde coexiste pacíficamente la agricultura tecnificada con amplias regiones que todavía no salen de la etapa neolítica.

Pero hay dos razones para buscar otras soluciones del problema. La primera razón es de pesos: con los energéticos cada día más caros, el amoníaco y los fertilizantes que lo usan, también son cada vez menos baratos. La segunda razón es más profunda: comparado con el proceso industrial, el proceso que tan naturalmente usa la naturaleza en muchas bacterias y plantas que sí fijan el nitrógeno (y que son aquéllas cuyo cultivo hay que alternar en la rotación de plantíos) es mucho más eficaz. El que este proceso natural sea además de eficaz tremendamente complejo, es más bien un acicate al ingenio y al tesón de los investigadores.

En la naturaleza, el nitrógeno se convierte en amoníaco gracias a la acción de una enzima de estructura muy complicada, llamada nitrogenasa. Formada por dos proteínas con pesos moleculares de 220 000 y 60 000, la nitrogenasa es sujeto de intensas investigaciones por grupos en diversas partes del mundo. El objetivo de estas investigaciones es la formulación de un modelo del funcionamiento de esa enzima, el cual claramente sólo se alcanzará después de muchos esfuerzos ya que, como expresó el doctor Leigh, de la Universidad de Sussex: "No podemos construir un modelo de algo que nos es esencialmente desconocido. "

No obstante esta realista expresión de modestia científica, queda un camino por explorar y que tal vez reditúe en un plazo mediano, pero no muy largo: independientemente de nuestra ignorancia sobre el mecanismo natural de fijación, se estudia ya la manera de aislar e identificar los genes responsables del control de dicho mecanismo, lo cual, aunado a las cada vez más refinadas técnicas de ingeniería genética, permitiría finalmente transferir esos genes a las plantas. Ésta es una de las prometedoras líneas de investigación que se están siguiendo en los centros de Ingeniería Genética y de Fijación de Nitrógeno, que la Universidad Nacional tiene en la ciudad de Cuernavaca.



XL. LA FLECHA DEL TIEMPO

NACEMOS, crecemos y morimos. Todos los seres vivos hacen lo mismo a nuestro alrededor. Los días se suceden y no regresan, las cosas se gastan. El tiempo pasa inexorablemente fuera y dentro de nosotros en un fluir avasallador. El pasado y el futuro, el nacimiento y la muerte, han inspirado mitos fascinantes y maravillosas obras de arte. Del nacimiento de los dioses al fin de los tiempos: de los *Vedas* y el *Popol Vuh* al *Apocalipsis*. Y en medio de todo, el hombre que intenta vanamente detener el tiempo a la manera de Proust o de *Muerte sin fin*.

Cuando decimos que el tiempo pasa nos referimos a toda una experiencia: el pasado es distinto del futuro. La única dimensión que tiene el tiempo, a diferencia de las tres del espacio, manifiesta una esencia distinta según el sentido en que se le mire. El sentido o dirección que le damos a cada una de las tres dimensiones del espacio es totalmente relativo: la distinción entre detrás y delante, arriba y debajo, o derecha e izquierda, aunque sea útil y necesaria, es mera convención. La fundamental diferencia entre pasado y futuro le impone al tiempo una dirección, como la punta se la da a una flecha.

El conocimiento científico confirma la direccionalidad del tiempo en una amplísima variedad de fenómenos. La flecha del tiempo existe en todo lo que tiene historia o muestra evolución, como el Universo, la Tierra y las especies vivas. Para resumir este hecho, fundamental en tan diversas situaciones, la ciencia hace distinción entre dos tipos de fenómenos naturales: los reversibles y los irreversibles. En estos últimos se manifiesta la flecha del tiempo: cuando ellos ocurren, siempre hay algo en la situación final que permite distinguirla de la inicial.

Para explicar esta distinción es útil un ejemplo cinematográfico. Podemos proyectar una película en cualquiera de dos sentidos; pero si en ella se muestra algún proceso irreversible, la proyección "al revés" mostrará un proceso que es imposible en la naturaleza. En este caso el efecto es sorprendente. La sorpresa se origina al ver, gracias al artificio del cine, un fenómeno imposible: los pedazos que por sí solos se reúnen en el vaso, la crema de afeitar que se reintegra a su recipiente, la flor ya seca que reverdece y acaba por convertirse en semilla. La existencia de procesos irreversibles se ha resumido en la llamada ley de la entropía o segunda ley termodinámica, que permite, además, cuantificar el grado de irreversibilidad de un proceso cualquiera.

A pesar de la irremediable presencia de la flecha del tiempo, los científicos han descubierto un nivel de acontecimientos donde el tiempo parece fluir de igual modo en un sentido que en su opuesto: el de los fenómenos microscópicos. En el mundo de los átomos y las moléculas no hay procesos irreversibles: ahí son posibles todas las historias, sin importar su sentido. Estrictamente, en ese nivel no hay "historia" ni "evolución": por cada fenómeno con un pasado y un futuro, hay otro que los tiene invertidos y que es igualmente posible.

Más esta reversibilidad de los procesos microscópicos plantea una cuestión esencial de la ciencia contemporánea: ¿cómo pueden coexistir ambos niveles? ¿Por qué el tiempo no tiene punta de flecha en el reino microscópico y sí la tiene en el macroscópico? La pregunta adquiere mayor relevancia si recordamos la tendencia entre los científicos a explicar el todo en términos de sus partes. ¿Cómo es posible que el todo de un cuerpo tenga una propiedad no sólo distinta, sino contraria a la de sus partes?

La clave del enigma parece centrarse en lo innumerable de las partes que componen un cuerpo macroscópico. Hace muchos años, Enrique Poincaré creó el equivalente científico del mito del eterno retorno: cualquier sistema que siga las leyes de la mecánica newtoniana siempre regresará a su situación original. Este teorema de Poincaré parece relegar la flecha del tiempo a una mera ilusión. Sólo que el tiempo que se tarda un sistema en regresar a su estado prístino aumenta enormemente al tomar cuerpos o sistemas cada vez más grandes. Un cuerpo de la escala humana, por ejemplo, tardaría más tiempo en retornar a su situación original que todo el tiempo que ha transcurrido desde el Gran Pum que señaló el

principio de nuestro universo. Según estas ideas, la irreversibilidad ocurre, pero tiene un aspecto transitorio aunque larguísimo.

Estos últimos argumentos se conectan con otra cara de la flecha del tiempo: la idea científica y contemporánea del Universo nos lo muestra como algo que ha evolucionado, que está en continua expansión desde el Gran Pum hace varios miles de millones de años. No se sabe todavía si esta expansión continuará indefinidamente o si será seguida por otra etapa de contracción. Pero lo que sí es seguro es que también existe una flecha del tiempo cósmico. ¿Existe alguna relación entre las flechas cósmica y termodinámica, entre la expansión del Universo y el crecimiento de la entropía?

Otro elemento esencial en esta cuestión del tiempo es el concepto de información. Cuando observo o describo un fenómeno siguiendo minuciosamente la pista de todas las partículas que en él intervienen no aparece la irreversibilidad por ningún lado; pero basta observar cualquier propiedad global, esto es, del conjunto de partículas, para que surja la flecha del tiempo. Esta dualidad se pretende explicar algunas veces diciendo que en el segundo caso se maneja información parcial y por necesidad incompleta del sistema que se estudia, y que tal falta de información, o incertidumbre, crecerá con el transcurso del tiempo; para finalizar, se arguye que es precisamente el incremento en la incertidumbre lo que se manifiesta como irreversibilidad. Estos argumentos, basados en la teoría de la información, tienen un tanto de subjetivismo: pretenden explicar un hecho natural sustentándose en lo que el hombre conoce o desconoce acerca de él. Para explicar la irreversibilidad es necesario tomar en cuenta otro hecho esencial: la imposibilidad de hacer mediciones cabalmente exactas. Es éste el origen de una incertidumbre que aunque sea muy pequeña es ineludible, y es la evolución de dicha incertidumbre lo que le da un sentido al tiempo.

En otros órdenes hay incógnitas más difíciles de despejar. Al examinar el mundo exterior podemos tomar el papel de observadores o jueces que no se involucran en el fenómeno que analizan. Pero la flecha del tiempo también se manifiesta dentro de nosotros. Nuestra conciencia es francamente direccional; hace una tajante distinción entre pasado y futuro, entre recuerdo y adivinación. Existimos durante años, pero sólo vivimos un instante y sólo tenemos conciencia del pretérito. La flecha del tiempo psicológico, la que sentimos con mayor intensidad y que nos afecta vitalmente, es, sin lugar a dudas, la más inescrutable.



XLI. SALVAMENTO MEDITERRÁNEO

EL PESIMISMO ecológico es una característica de los medios "ilustrados" contemporáneos. Además de la gravedad de la situación actual (basta mirar lo que hemos hecho del Valle de México: ya no queda viva ningún águila lo suficientemente idiota para pararse por aquí otra vez), nuestra preocupación se intensifica al contemplar la inercia burocrática que habría que vencer para resolver, o siquiera mejorar, el problema de la contaminación. Por ello resulta consolador constatar que, por lo menos en otras latitudes, se toman las acciones necesarias en los ámbitos legislativo, administrativo y técnico.

El esperanzador ejemplo lo dieron los 16 países de la cuenca mediterránea, los que en un lapso de escasos dos años llegaron a firmar un convenio de anticontaminación del Mar Mediterráneo. Gracias a la intervención del Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas (PMANU), y a la buena voluntad de las partes, se salvaron numerosos escollos burocráticos y políticos (hay que considerar que entre esos países están España, Yugoslavia, Israel y Egipto), para sentar las bases de una intensa y coordinada actividad técnica y científica.

Según el convenio firmado a principios de 1975, el PNAMU maneja varios proyectos de investigación en los que colaboran laboratorios de diversos países. Estos proyectos generaron una gran cantidad de información sobre concentraciones de contaminantes, obtenida mediante los mismos instrumentos y referida a los mismos estándares. Esta información es indispensable para tomar las decisiones concretas y específicas que impidan que se convierta el Mediterráneo en un gigantesco Mar Muerto. El total de la inversión en esos proyectos es una suma modesta para contribuir a salvar la vida natural de la cuna de la civilización occidental.



XLII. TUNGUSKA

LA GALERÍA de problemas famosos de la ciencia tiene diversos requisitos de admisión; algunos problemas han alcanzado la notoriedad por el papel histórico que jugaron, por su trascendencia social o simplemente por ser muy difíciles de resolver. Otros han logrado fama por su singularidad, que los coloca en la frontera entre lo científicamente entendible y lo calenturientemente imaginable.

Entre estos últimos está el misterio de Tunguska, que se refiere a un extraño fenómeno que ocurrió en la región de Siberia central del mismo nombre a las 7:17 a. m., hora local, del 30 de junio de 1908. En esa ocasión y lugar se dio una gigantesca explosión que devastó un área de taiga de 30 km de radio. Si sólo se contara con el relato de un granjero que, estando a 60 km del lugar, vio cómo casi se quemó la camisa que llevaba puesta, el fenómeno habría quedado en el saco donde los científicos echan reportajes de ovnis, de marcianos y otras cosas del "más allá". Pero la evidencia de una real explosión en Tunguska es sólida: el observatorio de Irkutsk registró perturbaciones magnéticas, y muchos sismógrafos registraron el concomitante temblor de tierra. Además, las noches de Europa y del Asia Occidental fueron excepcionalmente brillantes, y hasta en California. dos semanas después del suceso se redujo la transparencia de la atmósfera.

La primera exploración científica del lugar estuvo a cargo de Leónidas Kalik, quien la efectuó en 1927 con el apoyo de la Academia de Ciencias de la URSS . Desde entonces, son muchos los investigadores que han visitado el lugar y muchas las publicaciones y las hipótesis sobre la causa del fenómeno. Dos investigadores que, atraídos por el misterio de Tunguska, lo han reconsiderado con métodos modernos, son Ari Ben-Menahen y Adolfo Bloch, del Observatorio Geofísico de Rehovot, Israel, quienes usaron los datos extraídos de los registros de la época para analizar el singular fenómeno. Entre las conclusiones a que llegan resaltan la energía de la explosión, equivalente a 12.5 megatonnes de TNT —para usar el familiar lenguaje de bombas y explosiones—, y su localización a 8.5 km sobre el suelo.

Pero lo más atractivo de un fenómeno tan extraño es que los científicos pueden echar a volar la imaginación para explicarlo. Entre las explicaciones más jaladas de los cabellos están la de Jackson y Ryan que sugieren bien podría haber sido un agujero negro; la de Hunt, Palmer y Penny (aparecida en 1960 en las *Transactions* de la Sociedad Real de Londres) que proponen que fue una masa casi crítica de uranio (una verdadera bomba) de origen extraterrestre, y la de Cowan, Athur y Libby, de que la explosión fue causada por un cuerpo formado por antimateria. No obstante que estas hipótesis son lo bastante divertidas para que encajen bien en la ciencia, parece que la explicación con mayor probabilidad de triunfar es una más convencional ... y más antigua.

Ya en los años 30, Whipple y Astaponich habían propuesto, independientemente, que el misterio de Tunguska se explica con suponer que la cabeza de un cometa chocó de frentón contra la Tierra; en ese caso, las pruebas registradas cuadran bien con un cometa relativamente pequeño (con cabeza de unos 40 metros de diámetro), y la probabilidad de que tal colisión ocurra (un choque cada 2 000 años) justifica tanto la interpretación cuanto la conveniencia de viajar a Tunguska más seguido.



XLIII. EL BULLETIN OF THE ATOMIC SCIENTISTS

LA HISTORIA del *Bulletin of the Atomic Scientists* comenzó pocos meses después de las explosiones nucleares de Hiroshima y Nagasaki, cuando millones de personas apenas se daban cuenta de lo que había sucedido. Pero había un pequeño grupo muy enterado... y muy preocupado. Varios científicos que habían jugado un papel crucial en la decisión de lanzar el Proyecto Manhattan o participado activamente en él, ya habían tratado de influir al gobierno norteamericano para impedir el uso de la bomba atómica. Las pruebas experimentales en Nuevo México habían tenido buen éxito, Alemania se había rendido, el Japón se desmoronaba... Pero Roberto Oppenheimer, Leo Szilard, Jaime Franck, Alberto Einstein y Eugenio Rabinowitch no contaban con la instauración del periodo de la Guerra Fría.

Así nació el *Bulletin*, como manifestación de una conciencia sacudida ante la pérdida de la inocencia. Con posterioridad, la revista amplió sus intereses editoriales para incorporar las diversas implicaciones políticas y sociales de la actividad científica. En la actualidad sigue representando la mejor tradición liberal dentro del *establishment* norteamericano. Y el adjetivo merece ser calificado ante quienes sólo atacan los dogmas de la derecha desde posiciones igualmente dogmáticas. Restringido, claro está, por la cultura norteamericana y sus sesgadas perspectivas, el *Bulletin* es un verdadero foro donde se publican las críticas al *establishment* provenientes de corrientes más radicales (por ejemplo, Carlos Schwartz del movimiento conocido como *Science for the People*) y aquellas dirigidas al mismo *Bulletin* por el ala reaccionaria (por ejemplo, Eugenio P. Wigner).

Después de muchos años de ser dirigido por Rabinowitch y de pasar por los problemas financieros que muchas revistas conocen, el *Bulletin* sigue publicándose en Chicago, a unos cuantos metros del lugar donde Enrique Fermi logró la primera reacción continua en cadena entre núcleos del uranio, allá por 1942.



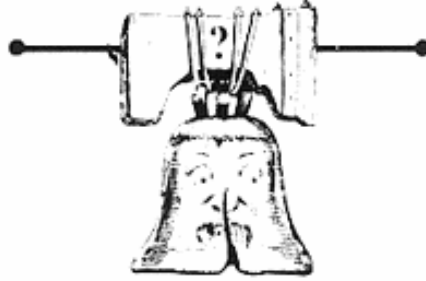
XLIV. METALES CON MEMORIA

MUCHOS sufrimos en los años escolares por no tener una memoria fiel; entre los animales es un hecho que la memoria existe y no sólo en los elefantes. ¿Y en el mundo inanimado? Pues allí también se da la memoria. Claro que se trata de una memoria en un sentido sumamente restringido y limitado; hay materiales que "recuerdan" lo que les pasó en un pasado, y eso lo manifiestan comportándose de maneras distintas según las peripecias de su historia. Todos nos hemos topado alguna vez con algún metal particularmente necio, con algún alambre que pese a nuestros esfuerzos conserva tenazmente su forma original. Pero lo que es de veras sorprendente es que existen aleaciones que después de quitarles una forma particular y de darles otra nueva, regresan espontáneamente a su primer estado mediante un sencillo cambio de temperatura.

Desde hace 40 años los metalurgistas conocían materiales que poseían ese don de regresar a una forma previamente impuesta. No obstante, el estudio y la búsqueda de aplicaciones de estos metales con memoria sólo se intensificaron cuando Guillermo Buehler descubrió una aleación llamada nitinol en un laboratorio de investigaciones militares de los EU. Hoy se están viendo ya muchas aplicaciones pacíficas de los metales con memoria: motores, seguros contra calentamientos filtros intravenosos para coágulos, articulaciones óseas artificiales, ortodoncia y un sinnúmero más. A quien piense en una pieza que pueda tomar cualquiera de dos formas enteramente distintas, dependiendo sólo de un cambio en la temperatura de unos cuantos grados, en un momento se le ocurrirán decenas de aplicaciones.



XLV. LA FAMA DE LUCY



EL TRABAJO de los antropólogos es muy arduo cuando tratan de reunir sus rompecabezas: los restos fósiles de los homínidos primitivos de hace millones de años. Buena parte del problema es que las piezas que se tienen formaron parte de distintos rompecabezas, esto es, de distintos individuos. El ingenio y el tesón permiten averiguar buena cantidad de información sólo si se logra aclarar primero cuáles fósiles pertenecen a cuál tipo. Afortunadamente, estas dificultades no se tuvieron con el hallazgo francobritánico de un esqueleto, bastante completo, de tres millones de años de antigüedad. El descubrimiento fue realizado por Don Johanson y Marcelo Taieb en una región de Etiopía llamada Hadar, que junto con la región de Kenya explorada por Ricardo Leakey ha sido la mayor fuente de información sobre nuestro remotísimo pasado.

El esqueleto en cuestión, de una hembra muy famosa, hoy llamada Lucy, perteneció a uno de los tres tipos de homínidos que en esa época poblaban la región y es de muy baja estatura (alrededor de un metro). Lucy era probablemente prima lejana de nuestros ancestros, otros homínidos casi igual de chaparros, pero su familia no tuvo éxito en la vida y desapareció. Otro tipo identificado, de un homínido más grandulón, tampoco pudo sobrevivir. Gracias al descubrimiento del esqueleto de Lucy, preservado bajo 100 metros de sedimentos, hoy entendemos mejor esas historias tan antiguas.



XLVI. MUERTE CEREBRAL

LA NECESIDAD de contar con órganos frescos para trasplantes, ha originado entre otras cosas un análisis de la definición legal de muerte y un incremento en la investigación de la misma, considerada como fenómeno natural. Dado que hoy es posible, en algunos casos, mantener artificialmente el funcionamiento del cuerpo pese a la muerte del cerebro, esta última ha merecido la atención de muchos grupos de investigación. Además de los métodos eléctricos de detección de actividad cerebral, ha sido necesario incrementar el estudio de la circulación sanguínea en el cerebro, ya que es la suspensión de ella la que produce su muerte.

Para poder emitir un juicio seguro e inmediato acerca de la muerte del cerebro, es necesario contar con pruebas que requieren equipo muy refinado, las cuales normalmente no están consideradas por las normas legales. Por fortuna, los casos de trasplante de un órgano vital que obligan a un dictamen legal inmediato se dan sólo en los grandes hospitales, en donde será relativamente sencillo contar con un laboratorio para realizar las pruebas. Restaría, desde luego, revisar y actualizar la legislación correspondiente en cada país.



XLVII. EL ORIGEN DE LAS GLACIACIONES

DESPUÉS de 100 años de polémicas, la explicación dada por Milankovitch de las eras glaciales volvió a ganar adeptos entre los climatólogos más conservadores, generalmente tibios ante ideas revolucionarias. Milankovitch achaca la aparición de una glaciación a la conspiración de varios cambios periódicos en el movimiento de nuestro planeta: la precesión de su eje de rotación, el cambio en su inclinación respecto a la eclíptica y la excentricidad de su órbita, son los efectos que sumados hacen cambiar la cantidad de radiación solar incidente sobre una latitud. Según los milankovitchianos, cuando esa radiación disminuye lo suficiente, en condiciones apropiadas de precipitación y humedad, se dispara una glaciación.

El modelito no ha podido probarse en definitiva como falso o verdadero. La evidencia a favor cuenta con testimonios geológicos de Eberl (1930), Broecker (1966) y Hays y compañía (1976). La argumentación en contra señala que la teoría es demasiado simplista para las complicaciones sutiles del cuadro de la climatología. Mas la teoría de Milankovitch tiene una cualidad que hace tiempo perdió su autor: está viva.

Una muestra de ello es que ha permitido germinar nuevas e interesantes investigaciones, como la de Juan Weertman, quien deduce las dimensiones de las capas heladas que han cubierto los continentes septentrionales durante los últimos 300 000 años. Su única suposición que peca de poco realista es la de una precipitación que dobla la actual en el norte del Canadá. Por lo demás, Weertman obtuvo resultados que demuestran que los efectos apuntados por Milankovitch bien pueden haber producido las glaciaciones. Al leer el trabajo de Weertman, no dejamos de observar un punto que han pasado por alto otros críticos, pero que será de interés para nuestros lectores: se predice que estamos al comienzo de una glaciación que alcanzará su apogeo en sólo... 25 000 años.



XLVIII. PREOCUPACIONES MATEMÁTICAS

LAS MATEMÁTICAS tienen fama de esotéricas y a ella contribuyen la mayoría de los matemáticos que, enamorados de su ciencia, no pueden salir de su mundo para describirnoslo al resto de los mortales. Esto dificulta enormemente las labores de divulgación de las matemáticas. Y no me refiero a la difusión de las matemáticas de hace 50 o 100 años, sino a las matemáticas de hoy, es decir, de las que hacen nuestros matemáticos contemporáneos.

Para los que andamos en busca de chismes y noticias del mundillo de la ciencia, la escasez de matemáticos divulgadores dificulta y casi imposibilita cubrir "la fuente". Pero como en casi todo, las excepciones vienen a rescatarnos del pantano: una de éstas es Gina Bari Kolata. Con un estilo terso y conciso, con una rara habilidad para distinguir lo esencial de un argumento y para explicarlo, la redactora (o redactor) de la revista *Science* —para los que tenemos más de 30 años es difícil eludir la evocación Lollobrigida del nombre, pese al apellido— nos lleva a vivir las inquietudes y preocupaciones de los matemáticos.

Ya hemos comentado que los matemáticos están teniendo que acostumbrarse a vivir en el purgatorio de la duda, ante la imposibilidad que presentan algunos enunciados para ser catalogados como ciertos o verdaderos. Tal parece que las dudas abarcaran también otras direcciones: hay afirmaciones que pueden ser probadas verdaderas o falsas, pero su prueba es tan larga o laboriosa que nunca podría ser cabalmente realizada por cerebro alguno, humano o electrónico. Esta imposibilidad "práctica" de terminar la prueba de un enunciado matemático ha sido investigada desde hace varios años por Alberto Meyer, del MIT, y por Ricardo Stockmeyer, de la IBM. Ellos encontraron que una afirmación arbitraria conteniendo 617 símbolos puede ser "prácticamente imposible" de probar, en donde lo "prácticamente imposible" quiere decir que requeriría de la ayuda de una computadora con 10^{123} componentes, que es el número de protones que cabrían empaquetados en el universo conocido.

Esta situación tan embarazosa ha hecho cambiar ya la actitud de algunos matemáticos —casi tildados de traidores por sus colegas conservadores—, que abogan por pruebas *probabilísticamente* correctas. Así, por ejemplo, Miguel Rabin, de la Universidad Hebrea de Jerusalén, ha presentado una forma de probar cuándo un número grande es primo, pero la prueba fallará una en cada mil millones de veces. Quizá este nuevo elemento de duda práctica en su hasta ahora exacto paraíso, haga que los matemáticos lleguen a parecerse más a sus colegas los científicos naturales (biólogos, físicos y químicos), quienes han aprendido a vivir contentos con el consabido "dentro del error experimental".



XLIX. TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

LA TRANSFERENCIA de tecnología es tema de discusión generalizada en los países desarrollados y en los que, como el nuestro, quizá nunca lo estén. El problema medular es que nadie da algo por nada, así que mientras se considere a la transferencia en una sola dirección, como tendrá que hacerse en tanto no desarrollemos nuestra tecnología, quedaremos mal parados. Esto no lo entienden muchos, ni en unos países ni en los otros. En alguna ocasión, cuando todavía era secretario de Estado de los EU, el mismo Enrique Kissinger hizo un ofrecimiento de poner "una parte mayor de la tecnología de los EU a la disposición de las naciones en desarrollo". Las medidas propuestas para lograr ésta y otras transferencias parecidas, van desde un Instituto Internacional de Industrialización (manejado por los EU, desde luego) hasta un *technology corps* (que se inspira en el *peace corps* que tan poca paz produjo en la era kennediana).

Varios científicos europeos y norteamericanos han criticado estas propuestas argumentando que no se podrán implantar cabalmente. Mas con la perspectiva que se logra mirando las cosas desde el lado estrecho del embudo, tales críticas son claramente ingenuas aunque bien intencionadas: lo peor que le puede pasar a un país pobre y atrasado es que la política estadounidense de transferencia tecnológica se llegara a realizar plenamente. Los países industrializados quieren intercambiar aspectos secundarios de su tecnología (de la cual algo puede aprovecharse) por ganancias económicas y políticas (haciéndonos más dependientes de las fuentes primarias).

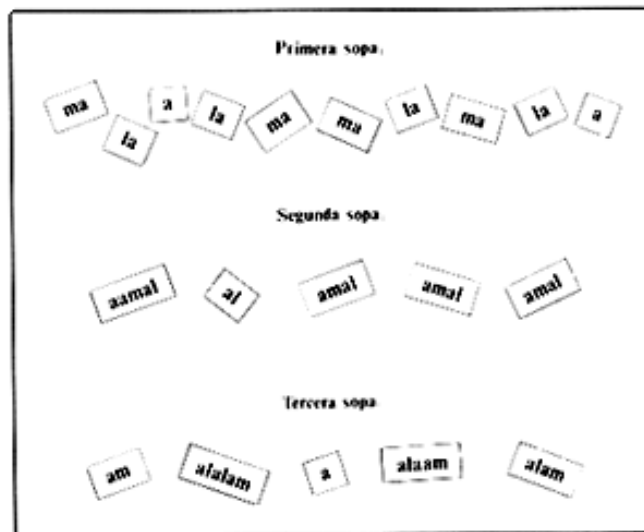


L. SOPA DE LETRAS

EL DESCIFRE del código genético, una de las proezas científicas más importantes de la historia, ha dejado como tarea su lectura. En efecto, saber que la información biológica se concentra en el ADN y conocer el alfabeto usado para contenerla, imponen como una de las labores más importantes de la biología molecular el averiguar específicamente cómo se escriben los mensajes bioquímicos.

El problema es semejante a tratar de leer un libro, escrito en alfabeto romano, pero que no podemos abrir. Para resolver este problema de lectura del ADN, los biólogos han seguido un método que, aprovechando la analogía anterior, podría describirse como sigue: primeramente, al incorporar algún elemento radiactivo en el proceso de impresión, marco una de las letras del alfabeto con que se escribe el libro; después corto las palabras y las frases en una letra específica, obteniendo fragmentos del texto que puedo identificar por separado; este proceso lo repito con cada letra del alfabeto. Resta el proceso de síntesis de información, que pretende reconstruir el texto a partir de los segmentos yuxtapuestos.

En el caso real del ADN, el problema es más complicado debido a lo microscópico del alfabeto, pero se ve simplificado por el número reducido de caracteres del mismo (cuatro). Hasta hace unos años se contaba solamente con técnicas para leer el ARN, pero no el importantísimo ADN. Durante los últimos años se han logrado avances significativos que permitirán la lectura e interpretación de gran cantidad de información genética. Desde hace tiempo, gracias a técnicas elaboradas inicialmente por Federico Sanger y A. R. Coulson, del *Medical Research Council* de Gran Bretaña, y por Allan Maxam y Walter Gilbert de la Universidad de Harvard, ha sido posible reducir drásticamente el tiempo de lectura. Como ejemplo, hace unos diez años le llevaba a un grupo de investigación cerca de dos años averiguar el ordenamiento de un segmento de ADN con 20 elementos; hoy, esa labor se lleva al cabo en únicamente un día. Sobra enfatizar la trascendencia de estos desarrollos para el futuro inmediato de la biología. Para entretenimiento e ilustración del lector, se dan a continuación tres sopas de letras, las cuales fueron cocinadas cortando una frase después de cada una de las tres letras usadas. El juego consiste en reconstruir la frase original.



El juego es muy sencillo. De hecho, en el caso del código genético una buena parte del esfuerzo se va en hacer las sopas.

Indice



LI. LOS TÉMPANOS Y LOS DESIERTOS

EL PRÍNCIPE Mohamed Al Faisal, cuando era director de la Compañía para Conversión de Agua Salina, de la Arabia Saudita, cual moderno mecenas, contrató a una compañía francesa para estudiar la factibilidad técnica y económica de remolcar grandes témpanos desde la Antártica hasta su sediento país. Los resultados del estudio mostraron que esa operación podría hacerse a un costo inferior al del proceso de desalación de agua de mar y hasta se hicieron planes para comenzarla. De hecho, Al Faisal llegó a fundar una compañía llamada *Iceberg Transport Internacional*.

La idea es sólo una aparente novedad, ya que alrededor del año 1900 pequeños témpanos fueron remolcados desde la Antártica hasta Valparaíso, Chile, y Callao, Perú. La posibilidad no deja de ser fascinante por atrevida, y si es una muestra del uso que se le dio a los petrodólares —además de los miles de becarios venezolanos, iraníes y árabes que invadieron las universidades de Europa y los EU—, no cabe duda de que en unas décadas la ciencia y la tecnología de los países más listos de la OPEP será tan imaginativa y dinámica como la que más.



LII. POINCARÉ Y LAS COMPUTADORAS

LA CONJETURA de Poincaré se refiere a un respetado y difícil problema de matemáticas también llamado de "los cuatro colores". ¿Cuántos colores distintos son necesarios para iluminar cualquier mapa, de modo que dos regiones contiguas sean siempre de color diferente? Poincaré conjeturó que cuatro colores son suficientes sin importar lo complicado del mapa; desde entonces, los matemáticos —y no pocos amateurs— se han quebrado la cabeza para tratar de probar si eso es cierto o falso.

Desde hace mucho se sabe que tres colores no son suficientes para ciertos mapas: el de la República Mexicana es un ejemplo que requiere cuatro colores —véase la esquina que forman Tlaxcala, Puebla, Hidalgo y México: cada estado requiere un color distinto—. Así, para probar la conjetura era necesario encontrar algún mapa que a fuerza necesitara cinco colores —en cuyo caso la conjetura sería falsa—, o bien demostrar que cualquier mapa imaginable requiere por lo más cuatro.

Esto último fue probado hace unos años por Kenneth Appel y Wolfgang Haken de la Universidad de Illinois, EU. Para demostrar que Poincaré había conjeturado correctamente, Appel y Haken, apoyándose en los trabajos de otros investigadores, lograron reducir el problema general de un mapa bidimensional arbitrario al análisis de 1936 casos particulares. Este análisis lo efectuaron con la ayuda de una computadora debido al gran número de casos que lo requerían, y a que el examen de cada caso es muy laborioso. Como el escepticismo tiene asegurado un lugar entre los científicos desde tiempos de Descartes, la demostración de la conjetura está siendo revisada con sumo cuidado para ver si no contiene algún error: pero Appel y Haken ya han logrado convencer a muchos críticos que se habían distinguido por destruir previas "demostraciones" que resultaron incorrectas.

Con esto parece que la historia de un famoso problema matemático ha llegado a su fin. Una de las consecuencias del entierro es que los matemáticos calificados de puros tendrán que enfrentarse al uso creciente de una herramienta tan sucia como la computadora.



LIII. ENERGÍA

LA ESTRATEGIA de abastecimiento de energéticos es un serio problema mundial. Ante la crisis energética de los setenta, hasta parecía anunciar la inminencia del límite del crecimiento. Después de las medidas de ahorro energético por parte de los países industrializados, que contribuyeron a meter en problemas a los productores de petróleo, ha disminuido la preocupación al respecto. Sin embargo, el problema de garantizar el abasto de energía sigue latente en todo el mundo. En México, dicho abastecimiento fue declarado prioritario dentro de las políticas gubernamentales desde 1976.

Si se dejan de lado las posibilidades técnicas en el siglo XXI, que incluyen a la fusión nuclear como la de mejor perspectiva, las alternativas presentes caben en tres rublos: medios convencionales (hidroenergía, petróleo y carbón), energía nuclear (reactores de fisión) y medios "exóticos" (energía solar, eólica, geotérmica y de mareas). La evaluación tecnológica y económica de estas alternativas corresponde a un tratamiento de fondo; aquí anotaremos solamente algunas implicaciones de dichas posibilidades, que tienen un peso esencial en las decisiones al respecto y que se han estado manifestando en diversos medios.

Primeramente observamos la oposición entre la corriente "ambientalista" y la "energicista". La solución que acarrea la energía más barata casi nunca conlleva la mejor conservación del ambiente. La actitud política predominante parece ser de rancio eclecticismo: ni tanto que queme al santo, ni tan poco que no le alumbre. Tal fue el resultado, por ejemplo, de una intensa y cara batalla que se libró en el estado de California, EU, sobre la instalación de plantas nucleares; mientras los ambientalistas perdían en las urnas, se llegó a una transacción en el congreso estatal. Tales batallas se libran a diario en los países industrializados con resultados más o menos parecidos; pero en nuestros subdesarrollados países las fuerzas no están equilibradas debido a la alta prioridad del desarrollismo y a la debilidad de los grupos ambientalistas. Si bien nuestra estructura industrial es cuantitativamente menos dañina por ser raquítica, sus efectos son cualitativamente más graves por falta de responsabilidad técnica y administrativa.

La segunda cuestión de política energética es de nacionalismo vs. transnacionalismo. La dependencia de fuentes externas de energía es un factor esencial a evitar para lograr un sano desarrollo interno. Como caso ilustrativo de un nefasta política está el Brasil, que comenzó a preocuparse muy tarde por explotar sus propias bases energéticas; como ilustración de una decisión acertada en este sentido está Francia, que partiendo de una escasez local de petróleo, carbón y caídas de agua, se lanzó con oportunidad en un plan nucleoelectrico que suministra ya cerca del 70% de su energía a partir de yacimientos franceses de uranio y de una avanzada industria nuclear, también nacional.

Una tercera faceta política es de puro neoimperialismo.

Así, por ejemplo, los EU están preocupados por incrementar su potencialidad nuclear "pacífica", no únicamente por la inseguridad del abasto petrolero por la OPEP (preocupación que podría quizá clasificarse como nacionalismo de rico), sino también por la pérdida del monopolio tecnológico nuclear del que durante años disfrutaron y que acarrea "una mayor pérdida de influencia de los EU", como preocupadamente manifiesto el director de la influyente revista *Science*.

El último ingrediente de este coctel de energéticos también está asociado a la alternativa nucleoelectrica y es el imperialismo a la antigua: las llamadas potencias nucleares (en el sentido militar) no están dispuestas a perder el monopolio que en conjunto imponen al resto de los países. El argumento favorito de los monopolizadores nucleares —sean capitalistas o socialistas— está sustentado en la reducción al absurdo y podría plantearse más o menos así: ¿se imaginan a Idi Amín con una atómica en la mano?

Indice



LIV. NEOMESMERISMO

EL MESMERISMO pasó a la historia sin haber adquirido nunca un buen status científico, aunque de vez en vez resurge disfrazado, como en las pulseras magnéticas que se pusieron de moda hace unos años. Con estos antecedentes, la mención de posibles efectos curativos de ondas electromagnéticas largas (para distinguirlas de los rayos infrarrojos y X) provoca la incredulidad de los científicos, quienes recuerdan la fortuna de muchos charlatanes.

Desde hace varios años se han estado usando en medicina ondas electromagnéticas de muy alta frecuencia en el tratamiento de lesiones o heridas de diversos tipos. La evidencia acumulada en los últimos 20 años muestra que el tratamiento con pulsos electromagnéticos, con frecuencia en la banda de un metro, acelera el proceso de regeneración de tejidos lastimados. Si esta técnica no ha salido de la etapa experimental en diversos hospitales, principalmente de los EU y el Canadá, es porque ella produce multiplicidad de efectos y porque todavía se desconoce el mecanismo por el cual la onda electromagnética interactúa con los procesos celulares.

Todo indica que la onda electromagnética afecta los potenciales eléctricos a través de la membrana celular, lo que a su vez modifica el transporte de iones por la misma. Éstos son fenómenos muy complejos a los que habrá que dedicarles muchas investigaciones que podrían conformar una nueva especialidad: la electrobioquímica. Además, el adelanto del tratamiento con pulsos electromagnéticos indudablemente estimulará nuevas vías de investigación que quizá deparen importantes sorpresas.



Indice



LV. PELIGROS DE LA CIENCIA

HACE varios años, Stanley Cohen y Heberto Boyer descubrieron una técnica de la que se ha desarrollado vertiginosamente una nueva disciplina. La ingeniería genética parecería venir a realizar los sueños de muchas mentes ingenuas y calenturientas. Desde los pegasos, grifos, centauros y sirenas, hasta el pavoroso zorrillofante de Al Capp, sobran testimonios de la capacidad imaginativa para enmendar la plana de la madre naturaleza a fuerza de engendros.

La ingeniería genética, mediante la técnica del ADN recombinado, permite cruzar seres vivos sin importar su familia, género o especie. Esta posibilidad contrasta con la situación anterior de la genética, que sustentada en la cría selectiva de los organismos aprovechaba con pasividad la aparición espontánea o inducida de mutantes. Como un resultado práctico de estas investigaciones clásicas, contamos con frutas de cualquier estación, con cereales de gran rendimiento y con ganado de alto registro. Aunque cabe señalar que fueron esencialmente los mismos mecanismos de evolución dirigida los que, más o menos inconscientemente, aprovechó la humanidad durante milenios para llegar a domesticar plantas y animales.

Las nuevas técnicas de la ingeniería genética abren un horizonte insospechado, y provocan las reacciones de quienes ven en esta amplitud de miras una fuente de aciagos peligros. La preocupación no es extravagante: no se teme que algún monstruo, al estilo del que creó el doctor Frankenstein, asuele las de por sí poco seguras calles del Boston nocturno, sino la aparición o producción involuntaria de un microscópico agente muy patógeno. La versión hollywoodense del peligro, más que las encarnaciones de Karloff y Chaney, sería entonces *The Andromeda Strain*.

Como fiscal en el juicio vs. la ingeniería genética, que se escenificó en Cambridge, Mass., al final de los setenta, destacó Jorge Wald, premio Nobel, quien consideró insuficientes las reglas propuestas por los *National Institutes of Health* de los EU —y que son semejantes a las propuestas en la Gran Bretaña por un grupo consejero en manipulación genética— para evitar los peligros de la experimentación en este campo. Imbuido del más puro espíritu conservador, Wald declaró a *The Sciences*, revista de la Academia de Ciencias de Nueva York: "Mis sentimientos son ambivalentes, la nueva tecnología me entusiasma por su virtuosismo y su potencialidad intelectual y práctica; sin embargo, el precio a pagar es muy alto, quizá demasiado alto." Los defensores han sido numerosos e ilustres, incluyendo también varios premiados con el Nobel, como David Baltimore, Josué Lederberg y Howard Temin. Aceptan la necesidad de regulación, pero están convencidos de que la investigación en ingeniería genética debe y puede proseguir minimizando los peligros.

La defensa ganó el caso en Cambridge. Los laboratorios que ya llevan varios años trabajando en ingeniería genética sin ningún accidente, demuestran que los defensores tienen la razón. Aunque no puede uno dejar de recordar las discusiones acerca de los peligros de la energía nuclear. Los daños causados por accidentes nucleares suman un número mucho menor de víctimas que las de Hiroshima y Nagasaki. El peligro más grande, con la energía nuclear o la ingeniería genética, no lo constituyen los accidentes o los descuidos, sino el uso mal intencionado o irresponsable.



LVI. CIENTÍFICOS TRAMPOSOS

LA CIENCIA tiene fama de infalible, pero está hecha por mundanos científicos. ¿Cómo evitar que los yerros de éstos se reflejen en aquélla? La respuesta está en la historia de la ciencia misma, o como dicen los pomposos, en el "método científico". Al pasar de muchos años se han ido creando y afinando las reglas de un juego que pretende la objetividad suprema: que cualesquiera observadores lleguen siempre a las mismas conclusiones acerca de un problema, y tantas veces como quieran. En la actualidad, las reglas del juego científico incluyen criterios para clasificar conclusiones y problemas como "científicos", esto es, simplemente, como válidos y conservan como elemento esencial la obtención de datos mediante experimentos.

¿Cómo garantizar que los científicos no hagan trampa en su negocio? En los aspectos teóricos, de planteamiento, deducción y conclusión, el *offside* se dirime por la crítica dura de los demás investigadores, los que al juzgar un escrito científico, desempeñan el múltiple papel de colegas, jueces de línea y adversarios. La crítica suele ser despiadada, para pesar y mortificación del científico novel, subdesarrollado o inmaduro. Por ello en la ciencia moderna la patente del oficio la suministra la publicación (no la impresión) del resultado de los desvelos del interesado.

Pero en cuanto a los indispensables datos experimentales, el único testimonio válido sigue siendo la repetición de los mismos por personas ajenas al autor (aquí tampoco vale mano negra). Los descubrimientos más importantes en campos de moda y muy competidos, son siempre sujetos a esta prueba, y, debido a ello, los investigadores involucrados se esfuerzan por curarse en salud probando y comprobando ellos mismos sus resultados.

Aunque no falta quien, por precipitación o impericia, se lanza al ruedo —recordamos el "descubrimiento de un cuark— sin haberse probado siquiera con una vaquilla; o a quien, después de haber alcanzado la celebridad y de que sus conclusiones fueron probadas ciertas, se le encuentra "algo raro en sus datos".

Es famoso el caso de Jorge Mendel, el padre de la genética, cuyos datos, al ser revisados en 1936, fueron hallados "demasiado buenos para ser ciertos". Más recientemente, M. S. Swaminathan, impulsor de la revolución verde en la India, fue acusado también de presentar datos falseados. La dificultad de descubrir a los científicos tramposos es mayor en los campos científicos menos importantes, ya que es poco interesante y escasamente retribuyente el repetir experimentos poco glamorosos. En estas últimas áreas la crítica experimental anda más despacio y pueden pasar muchos años antes de que alguien descubra "algo raro" en los datos del científico poco escrupuloso.



LVIL VOLCANES

EL AVANCE de la vulcanología es sorprendente: no sólo se ha logrado aclarar el origen de los fenómenos volcánicos, sino que las modernas técnicas de detección permiten predecir la actividad de volcanes particulares. Buena parte de la tarea consiste en determinar cuándo vale la pena estudiar cierto volcán.

Hay algunos que son evidentemente activos, que han tenido erupciones recientes y que por estar cerca de áreas densamente pobladas no deberían estar sin supervisión. De éstos existen en el mundo más de 700 y sólo unos cuantos han sido estudiados con detalle. Hay otros volcanes que, sin estar realmente activos, han eruptado de vez en vez, con períodos de reposo hasta de miles de años. A estos volcanes se les clasifica hoy como durmientes, para distinguirlos de los verdaderamente extintos, de los que no se espera ninguna actividad.

A veces ocurren sorpresas desagradables y trágicas, como la del Chichón en el Sur de la República, o como la erupción del monte Lamington en Nueva Guinea que mató a casi 3 000 personas... y ni siquiera se sabía que era volcán. En Guadalajara hay evidencia de 12 erupciones prehistóricas, y por ello no puede considerarse como zona volcánica extinta. Cerca de la ciudad de México y dentro del mismo Distrito Federal tenemos varios volcanes, uno de los cuales, el Xitle, tuvo una erupción hace 4 000 años y otra hace 2 000, la cual produjo esa belleza natural del pedregal de San Ángel, que antaño sirvió de refugio a los aztecas y que hoy prácticamente desaparece debajo de palacetes y de chozas.



LVIII. PEDRO LEONIDOVICH KAPITSA

SE HABLA mucho de la tecnología, de la economía y de la política de los energéticos, y se relega a un papel secundario la visión científica del problema. El olvidar que la termodinámica y otras áreas de la física lidian con los aspectos más esenciales y por tanto generales de los procesos energéticos, es especialmente grave cuando se tienen que considerar alternativas totalmente disímbolas entre sí. Pero entre tantos olvidadizos, Pedro Leonidovich Kapitsa siempre trató de poner las cosas en su lugar.

Hasta poco antes de morir ya octogenario, Kapitsa fue director del Instituto de Problemas Físicos de la URSS, una institución relativamente pequeña, con grandísima calidad e influencia —algunos aquí en México la clasificarían como elitista—, y que él creó a partir de casi nada por allá de 1935. Kapitsa se formó bajo la dirección de otro gran físico, A. F. Ioffe, en el Instituto Politécnico de Petrogrado por los años de la Revolución de Octubre. Pese a las graves dificultades que enfrentaba la Unión Soviética, su gobierno lo comisionó para trabajar en el Laboratorio Cavendish, dirigido por Ernesto Rutherford, desde 1921 hasta 1934. Una vez pasada la guerra, las políticas estalinistas lo tuvieron "congelado" entre 1946 y 1955. Pero en todo momento Kapitsa se mostró como un hombre de fibra y de talento superior. La calidad de su producción científica era tan grande que el Comité Nobel no pudo dejar de darle el premio, que recibió en 1978.

Sin necesidad de recordarnos la vigencia de las dos primeras leyes de la termodinámica para cualquier proceso energético, Kapitsa examinó sistemáticamente el flujo de energía en cualquier transformación. El punto central es que dicho flujo está constreñido por factores físicos en cada proceso energético, de modo que para extraer con éste cierta potencia, será necesario darle dimensiones mínimas al aparato que lo realizará. Esto impone serias limitaciones para las fuentes de energía de gran potencia, indispensables en nuestro mundo de grandes concentraciones urbanas e industriales.

Al examinar las distintas fuentes energéticas con este criterio, se llega a que la única fuente capaz de sustituir a los energéticos químicos —como el carbón y el petróleo— es la nuclear. Además, se pueden entender las dificultades actuales para realizar la fusión nuclear controlada también como un problema de poco flujo energético. Pero quizá lo más importante del interés que tuvo Kapitsa por los energéticos, no sean sus resultados específicos, sino el rescatar una manera de pensar profunda y sintética que está hoy naufragando en un mar de fruslerías técnicas.



LIX. FLUJO DE INFORMACIÓN

EL EXTENSO uso de computadoras ha planteado nuevos problemas legales, algunos de nivel internacional. Uno de los más característicos se refiere a la transferencia de datos de un país a otro. Excepto en tiempos de guerra, fría o caliente, siempre ha habido un flujo liberal de información científica entre países, pero ha estado naturalmente limitado por la imposibilidad física de transportar y acumular grandes cantidades de información. Esta situación ha cambiado radicalmente con el uso de computadoras para almacenar y manejar nutridos bancos de datos y ya hay muchos ejemplos en los que son compartidos entre distintos países.

El problema legal aparece en relación a los bancos de datos usados por instituciones privadas —como bancos, compañías de seguros, agencias de detectives, etc.— que acumulan información sobre personas. Cada país, por lo menos los más desarrollados, tiene leyes para controlar el manejo de tales bancos de datos de manera que no se infrinjan las garantías individuales en cuanto a discreción y uso específico de la información personal.

En la República Federal Alemana, por ejemplo, la ley obliga a destruir toda la información con más de cinco años de antigüedad; se evita así que se use información obsoleta sobre alguna persona y se obliga a la empresa a obtener una nueva aprobación explícita por parte del sujeto que da los datos. La diferencia en legislación al respecto, de un país a otro, ya ha provocado dificultades. Mientras los gobiernos comienzan a tener consultas en la materia, algunas compañías han mudado sus bancos de datos a países con legislación más liberal. Se dio el caso de un consorcio detectivesco que ha mudado su banco de datos a Luxemburgo, donde lo puede consultar directamente por teléfono desde cualquier país de Europa Occidental. Queda por otro lado el peligro de la exportación de información gubernamental que, sin ser secreta, requiere de cierto grado de discreción, el cual se garantizaba tradicionalmente por la mera dificultad física de manejar numerosos y pesados volúmenes de archivo.



LX. TOROS MATEMÁTICOS

HAY teoremas matemáticos de tan difícil resolución que los profesionales se los ponen de "toritos" . . . y a veces hasta con apuestas. Hace más de 40 años, el matemático húngaro Pablo Erdős, junto con su colega Pablo Turán, planteó un problema y ofreció 1000 dólares a quien lo resolviera. Después de mucho tiempo, durante el cual todos los intentos fracasaron, el matemático Szemerédi, también húngaro, pudo resolver por fin el problema inventado por los dos Pablos y ganarse la apuesta.

La prueba presentada por Szemerédi permite ejemplificar lo largas y difíciles que se han vuelto las demostraciones matemáticas en algunos campos —en este caso se trata de un problema de combinaciones en la teoría de conjuntos—. En efecto, Szemerédi nunca escribió su prueba sino que, por alguna razón desconocida, prefirió dictársela a un colega. Esta versión escrita era casi incomprensible, de modo que otro matemático, Ronald Graham, de los EU, se impuso la tarea de reescribirla para que otros pudieran entenderla. Graham tuvo que trabajar durante varios meses en el asunto, y obtuvo al final un manuscrito de 100 páginas del más apretado razonamiento matemático. Aunque esta versión pudo ser estudiada por el mismo Erdős —que tenía que convencerse antes de pagar los 1000 dólares— y por Klaus Roth, de la Universidad de Londres, el propósito de Graham de volver legible el original se alcanzó solo en lo mínimo: el número de matemáticos que han leído la demostración, y que según ellos mismos la han entendido, no pasa de diez.

Para aclarar las cosas —o para complicarlas—, un tiempo después Harry Furstenberg, de la Universidad Hebrea de Jerusalén, presentó una demostración distinta e independiente del mismo problema de Erdős y Turán. La importancia de la prueba de Furstenberg estriba en que la realizó en un campo de las matemáticas, la teoría ergódica, en apariencia ajeno al del problema. La demostración de Furstenberg es evidentemente más corta que la de Szemerédi ya que sólo tienen 82 páginas, aunque también es muy difícil de seguir. Nadie sabe todavía cuál es la más difícil de las dos por la sencilla razón de que nadie ha podido leer ambas.



LXI. ANALOGÍAS ANIMALES



DESDE tiempos de Esopo ha sido popular aprovechar las semejanzas y las diferencias entre las personas y los animales para hacer claro algún punto o mensaje. Las técnicas usadas son la analogía, la caricatura, el contraste y la reducción al absurdo. Los resultados aparecen en literatura, moralística, folclor, ciencia y política. Englobando las dos últimas actividades, ciertas mentes reaccionarias han usado con frecuencia, y desde hace mucho, un falso paralelismo científico entre los animales y las personas para ejemplificar y convencer acerca de sus propias y retrógradas ideas políticas. Así, la rígida estructura social de las pobres e imbéciles abejas —muy interesante como muestra de una primitiva sociedad biológica— ha sido argumento en favor de la ley y el orden al estilo fascista; o el dominio violento de unas especies sobre otras se usa como pretendida justificación de colonialismos y racismos.

Dentro de estos abusos del maravilloso poder de la analogía, es raro encontrar ejemplos que pretendan demostrar las bondades de la justicia y la democracia, no tanto porque no existan algunas mentes progresistas" que estén racionalmente perturbadas, sino más bien porque los órdenes zoológicos no se distinguen por sus méritos democráticos.

Por otro lado surge la intransigencia y el dogmatismo de algunas mentalidades, supuestamente progresistas, ante planteamientos científicos serios que abordan temas escabrosos por sus posibles consecuencias políticas y sociales; esa reacción antirracional representa también un peligro para el sano desarrollo científico, el cual, desde cualquier punto de vista consistente, es ciertamente una garantía en contra del pensamiento retrógrado. Un ejemplo notable de este último peligro lo dio la controversia en torno del libro *Sociobiology*, y de su autor, Eduardo O. Wilson, quien es profesor de la Universidad de Harvard, EU.

Eminente entomólogo, Wilson lanzó en su libro lo que puede ser la semilla de donde germine una nueva disciplina: el estudio biológico de las estructuras sociales. Después de haber recibido una crítica científica muy favorable, *Sociobiology* fue duramente atacado en el *New York Review of Books* por un grupo de académicos radicados también en Harvard. El ataque fue político y estaba dirigido en contra del contenido reaccionario del libro", pero sucede que la tendencia política de Wilson no es patente en ningún punto de su libro, de modo que la acusación era una extrapolación por parte del grupo impugnador, extrapolación que Wilson rechazó argumentando que él nunca ha escrito, ni dicho, ni pensado de esa manera. ¿Cuál es el punto en discusión? Pues el resbaloso tema de la influencia genética sobre una estructura social.

Es indudable que el asunto se presta para hacer las falsas analogías como las que mencionamos más arriba, y llegar a falacias científicas de claras implicaciones políticas. Debido a ello amerita que desde luego se le critique para garantizar que no salgan nuevos Heribertos Spencers o Guillemos Shockleys que vengan a "racionalizar" la injusticia social y racial con argumentos científicos falsos o fuera de contexto. Es claro que el punto central de la sociobiología estará a discusión por mucho rato, aunque los primeros críticos de Wilson hayan metido la pata —haciendo acusaciones que no podían probar.

Pero la discusión ya sacó a la luz un tema quizá más importante. En efecto, se llegó a argumentar que

"cualquier investigación sobre los caracteres genéticos de la sociedad humana es necesariamente negativa, por sus efectos sociopolíticos, y por tanto no debe realizarse en ninguna circunstancia". El asunto es peliagudo aunque suene tan sencillo. En efecto, si se demuestra que el resultado de una investigación va a tener graves consecuencias para la humanidad, todo mundo estaría de acuerdo en que tal investigación debe evitarse a toda costa. Pero entonces el problema es aclarar quién es el que define lo negativo o lo malo. Inclusive entre los que aceptamos la bondad de la igualdad y la justicia, habemos muchos que preferimos rebatir la falacia con la razón y la confusión con la claridad —aunque cueste más trabajo—, que aceptar la censura sobre ciertas opiniones o campos de investigación.



LXII. LA BRÚJULA LOCA

SI HACE 12 350 años se hubiera usted perdido en la selva y, para salir del enredo, echara mano de su brújula, terminaría totalmente desnortado. En efecto, el profesor Moerner, de la Universidad de Estocolmo, y el profesor Lanser, de la Amsterdam, estudiaron unas muestras de roca del fondo del Atlántico; ellas indican que en esa fecha el campo magnético terrestre estaba apenas acomodándose para apuntar en la dirección actual, después de haber apuntado en el sentido opuesto durante varios miles de años.

Tal suceso no fue único en la historia de nuestro planeta; en el transcurso de millones de años han ocurrido muchas inversiones del campo magnético de la Tierra y han dejado su huella en las rocas de los fondos oceánicos. La importancia del descubrimiento de Moerner y Lanser no estriba pues en lo novedoso de una inversión magnética, sino en que haya ocurrido una en esa fecha, tan reciente que ya había entonces pobladores en América.



LXIII. HOYOS NEGROS

EL DESARROLLO de la astronomía en los últimos decenios ha deparado descubrimientos sensacionales. La imagen de un Universo formado por estrellas, nebulosas y planetas, agrupados en galaxias y sistemas planetarios, se ha enriquecido con objetos de propiedades singulares y de nombres extraños, tales como pulsares, cuasares y hoyos negros. El descubrimiento de los dos primeros constituyó una verdadera sorpresa que puso a prueba la imaginatividad de los astrofísicos. De los tres, los hoyos negros son los más extraños a nuestra común experiencia, aunque su existencia fue vislumbrada con anterioridad a su descubrimiento, hoy quizá cercano a su confirmación definitiva.

Además de dedicarse a formular las leyes de la ciencia, a los investigadores les gusta enunciar reglas acerca de su oficio. Una de éstas manifiesta de alguna manera la potencialidad del mundo natural, dice que si hay algo que puede ocurrir, entonces ciertamente ocurrirá. Esta regla resume una larga experiencia: casi todos los fenómenos o entes que ha podido concebir la imaginación científica, y cuya existencia es rigurosamente compatible con las leyes de la ciencia, más tarde o más temprano resultan en efecto descubiertos. De las innumerables predicciones del pensamiento científico, las que anticipan un ente todavía inobservado y apenas sospechado rayan en lo fantástico e increíble.

Recordamos algunos ejemplos notables de estas anticipaciones: en 1905, Alberto Einstein predijo la relatividad de las mediciones espaciales y temporales, que ha sido confirmada desde entonces con amplitud; alrededor de 1930, Pablo Dirac infirió la existencia de antimateria, que fue descubierta pocos años después y que hoy es producida en minúsculas cantidades y por brevísimos lapsos en varios laboratorios. A esta categoría pertenece la predicción de hoyos negros y de sus propiedades.

Los hoyos negros nacen como una posibilidad dentro de las leyes gravitacionales de Einstein. En la década de los sesenta, los teóricos mostraron que si existiera un objeto con grandísima densidad, la fuerza gravitatoria que atraería mutuamente a todas sus partes, comprimiéndolas, podría superar a cualquier otra fuerza conocida que se opusiese a tal compresión. En tal circunstancia, se produciría la implosión o colapso del objeto, que iría reduciendo su tamaño e incrementando su densidad de manera continua e irreversible. Pero la misma teoría gravitacional predice algo aún más espectacular: el colapso llevaría al objeto a un estado en el cual nada, absolutamente nada, ni siquiera la luz, podría escapar hacia el exterior. Un objeto en tal estado no violentaría ninguna ley física conocida, aunque represente un reto a nuestra imaginación.

Tratemos de imaginar lo que significa el estado recién descrito: tenemos ahí un objeto de una masa muy concentrada, de él nada puede escapar: ni partículas, ni ondas de radio, ni rayos X, ni la luz visible. Esto quiere decir que no podríamos observar directamente el objeto por ningún medio imaginable, y que nada de lo que en él ocurriera podría tener efecto alguno sobre lo que esté fuera de él mismo. Para casi todo propósito, sería como si tal objeto no existiera en el universo observable, como si fuera un agujero en el espacio: un hoyo negro. El nombre es descriptivo aunque modesto en sus evocaciones; se trata del hoyo más negro que es posible concebir y, abusando del lenguaje, se diría que es también el *más hoyo*.

Para ayudar a imaginar un hoyo negro, conviene ver una serie de ejemplos hipotéticos. Comenzamos con los pies bien puestos en el suelo: para que un objeto escape de la atracción gravitatoria terrestre, al lanzarlo al espacio desde la superficie de nuestro planeta, es necesario impulsarlo con una velocidad de 11 km/s o mayor. A ésta se le llama velocidad de escape. Para otro cuerpo celeste con la misma masa de la Tierra, pero con la cuarta parte de su radio, la velocidad de escape es de 22 km/s. Así, cuanto más pequeño sea el cuerpo de una cierta masa, esto es, cuanto más denso sea, mayor será la velocidad necesaria para escapar a su acción gravitatoria desde su superficie. De tener un cuerpo con sólo 1 km de radio y la masa terrestre, se requeriría una velocidad de 2 200 km/s para escapar de él. Y si ese mismo cuerpo tuviera un radio de unos 5 cm, la velocidad de escape sería mayor que 300 000 km/s, la velocidad de la luz. Esto último significa que de tal cuerpo no se podría escapar ni la luz, la cual tiene la máxima velocidad posible de

acuerdo con toda la experiencia conocida y con la teoría de la relatividad. Ese cuerpo sería entonces un hoyo negro.

De acuerdo con la teoría, los hoyos negros pueden ser de cualquier tamaño según sea su masa. Podrían tener la masa terrestre y unos cuantos centímetros de circunferencia, como en el ejemplo anterior, o ser gigantescos hoyos con cientos de kilómetros de circunferencia y masa entre 4 y 50 veces la del Sol, o también podrían ser minúsculos agujeros de 1000 millones de toneladas de masa y el tamaño de una partícula nuclear.

A pesar de todos los atractivos de los hoyos negros para la imaginación científica, mientras su existencia no se observe directa o indirectamente sólo quedarán como entes posibles en nuestro universo, pero hipotéticos. La misma esencia de un hoyo negro lo hace muy difícil de detectar: no lo podemos "ver" con ningún instrumento porque de él no sale ninguna señal; cualquier búsqueda tiene que basarse entonces en los efectos indirectos producidos por el cuerpo colapsado. Es obvio que cerca de la Tierra no hay gigantescos hoyos negros, ya que de haberlos habido hubieran sido descubiertos hace tiempo por sus efectos gravitatorios sobre objetos visibles. Entonces, si hay hoyos negros cercanos ellos son muy pequeños, y los muy grandes estarán necesariamente muy lejos de nosotros. Dentro de la última posibilidad, lo más atractivo es que un hoyo negro forme un sistema estelar binario con una estrella normal; el hoyo negro tendría un efecto sobre su compañera y este efecto podría quizá observarse y achacarse, fuera de toda duda, al hoyo negro.

Ésta es la línea de investigación iniciada en 1964 por dos astrofísicos soviéticos: Zel'dovich y Guseynof. Al estudiar los centenares de sistemas estelares binarios que se conocen, formados por dos estrellas que giran alrededor de un centro común y en los que sólo una de ellas es visible, Zel'dovich y Guseynof encontraron cinco candidatos viables a contar con un hoyo negro. Desde entonces, otros estudios han incrementado este número, aunque por un tiempo sólo era posible mostrar que dichos sistemas binarios podían tener un hoyo negro.

La esperanza de llegar a confirmar o desechar la existencia de los hoyos negros renació con el descubrimiento, en la década de los setenta, de fuentes estelares de rayos X y con el posterior estudio de ellas mediante satélites, iniciado con el Uhuru, satélite italonorteamericano. ¿Es posible que estos rayos X sean producidos por la acción gravitacional de un hoyo negro? En efecto, varias de las fuentes estelares de rayos X coincidían con sistemas binarios sospechosos de tener un hoyo negro. Se ha desatado así una intensa actividad de muchos astrofísicos, unos que tratan de demostrar que los hoyos negros pueden producir los efectos observados, y otros que, en el papel de abogados del diablo, se esfuerzan por probar que los mismos efectos producidos por causas más convencionales. De todo esto ha quedado un gran sospechoso: está localizado en la constelación del Cisne y es conocido como Cygnus X-1; consta de dos cuerpos, una estrella visible y el otro invisible, muy denso y con una masa ocho veces mayor que la del Sol. Esta masa es tan grande que podría explicar el colapso gravitacional que bien pudo haber formado el hoyo.

Pero no todo ha sido buscar los hoyos negros. En paralelo con esta búsqueda, los teóricos han aceptado el reto que significa para la física la posible existencia de materia en condiciones tan extraordinarias. Por un lado, se logró un avance teórico formidable gracias al genio de Esteban Hawking, de la Universidad de Cambridge en Gran Bretaña. Hawking combinó la teoría gravitatoria de Einstein con otras dos teorías físicas —la mecánica cuántica y la termodinámica— para mostrar entre otras muchas cosas que los hoyos negros producen la emisión, desde la región justo fuera de su superficie, de radiaciones subatómicas. Ésta es una contribución muy importante a la física contemporánea, aunque sus consecuencias hoy apenas se vislumbran.

Por el otro lado, los hoyos negros se han usado ya como hipótesis para explicar una amplia gama de fenómenos: se discute si en el centro de algunas galaxias existen hoyos negros con masas cientos de millones de veces la del Sol, si en el Gran Pum, que quizá fue el comienzo de nuestro universo, se crearon hoyitos negros que han ido desapareciendo, y si el misterio de lo cuasares, esos otros objetos enigmáticos

que radian con enormes potencias, puede ser explicado gracias a los mencionados hoyos. De cualquier modo que resulten todas estas investigaciones, el estudio de los hoyos negros ha empujado la frontera de nuestro conocimiento hasta regiones hace unos años reservadas a la ficción y las especulaciones.



Indice

LXIV. CALABACITAS TIERNAS

SE ESTÁ conformando una nueva disciplina que quizá llegue a tener gran influencia en nuestra vida diaria. Bajo el nombre de *psicorreología* se está agrupando una gran cantidad de investigaciones dedicadas a desenmarañar las sensaciones táctiles como lo duro, lo blando, lo espeso, etc. Aunque llevamos mucho tiempo de decir que lo que estudia la ciencia es el mundo que percibimos sensorialmente y que los maravillosos instrumentos inventados por la ciencia no son sino extensión de nuestros sentidos, tal parece que los investigadores decidieron hace mucho preocuparse sólo de la vista y, en menor medida, del oído.

Desde el radiotelescopio hasta el microscopio electrónico, pasando por todas las técnicas espectroscópicas, el instrumental científico nos permite ver y oír los mundos de las galaxias y de los átomos. Pero nadie ha oído decir que una estrella huele mal o que los cuarks tienen gusto amargo —¡aunque sí pueden ser de "colores"!— ¿Será que el gusto, el olfato y el tacto son tan humanos que es imposible extenderlos más allá de nuestra realidad inmediata? Porque también en las artes estos tres son sentidos definitivamente discriminados: la mayoría de las obras artísticas son para verse u oírse. La vista y el oído son sentidos eminentemente "intelectuales", mientras que los otros se consideran más "sensuales"

"Cegado por la pasión" evoca la imagen de alguien concentrado en lo que toca, huele y gusta. La psicorreología viene así a llenar parcialmente este olvido, y empujada por las necesidades tecnológicas de la industria alimentaria, ha producido ya técnicas cuantitativas para medir conceptos relacionados al tacto. Por ejemplo, ya existe una máquina llamada "ternurómetro para chícharos" y no pasará mucho antes de que podamos medir qué tan tiernas están las calabacitas.



LXV. PABLO ERDÖS

YA EN otras páginas mencionamos a Pablo Erdős. Considerado por muchos como uno de los más grandes matemáticos contemporáneos, Erdős tiene una personalidad que se presta para la anécdota: sin lugar fijo de residencia, sin familia y sin empleo permanente, se dedica íntegra y totalmente a las matemáticas; vive deambulando por las universidades del viejo y del nuevo mundo, pernoctando en casa de colegas —dicen por ahí que quien no ha recibido a Erdős en su casa no es realmente un matemático— y sin tener otra propiedad que la ropa que lleva puesta. Inclusive se las ingenia para escapar de las obligaciones mínimas de pagar cuentas e impuestos: las primeras las paga el matemático Ronaldo Graham, de los Laboratorios Bell, con el dinero que le pagan a Erdős por las conferencias que dicta, y los segundos los calcula Daniel Kleitman del MIT. Muy prolífico como autor, ha publicado más de 700 trabajos en una variedad de áreas matemáticas, algunas de las cuales se originaron con sus investigaciones.

La devoción por su ciencia no le impide a Erdős interesarse e informarse de asuntos políticos, sociales, culturales y de otras ciencias. De hecho, durante muchos años le fue negada la visa de entrada a los EU debido a su apoyo moral y pecuniario a muy diversos movimientos políticos. Pero aun en otros asuntos, Erdős no puede evitar ser anecdótico; un amigo suyo cuenta que una vez encontró a Erdős enfrascado en una partida de ajedrez con un colega, y que mientras éste, gran ajedrecista, estudiaba su jugada, Erdős leía con aparente atención una enciclopedia de medicina. Cuando su amigo le preguntó sobre el libro, Erdős le contestó: "por favor, no me interrumpas, que estoy probando un teorema".



LXVI. JACOBO D' ARSONVAL

EL SOL es el origen primario de muchos de nuestros recursos energéticos. El petróleo, el carbón y las caídas de agua, derivan su energía del Sol, que los primeros acumularon bioquímicamente hace millones de años. Entre las múltiples manifestaciones de la energía solar que adquirieron grandes vuelos con los apremios energéticos, hay una poco conocida: el gradiente de temperatura en los océanos.

El efecto es conocido desde antaño y ya en 1881 un físico francés, llamado Jacobo d'Arsonval, predijo que se llegaría a extraer energía eléctrica al aprovechar la mayor temperatura de las capas oceánicas superiores respecto a las más profundas. El principio se conoce ahora como conversión de energía térmica oceánica, que la poca inventiva lingüística de los científicos e ingenieros reduce a CETO, pese a que podría llamarse proceso d'Arsonval en honor a su descubridor y aprovechando la escritura francesa —que lo integra a la moda impuesta por muchos comercios.

El proceso d'Arsonval durmió el sueño de los justos hasta 1930, cuando un discípulo de d'Arsonval construyó una planta en Matanzas, Cuba, que produjo 22 kilowatts y que fue destruida por una tormenta a las pocas semanas. El fracaso inhibió a los experimentadores hasta 1964, cuando Hilbert Anderson, un ingeniero estadounidense, retomó la idea. Diez años después, en plena crisis energética, el gobierno de los EU invirtió ocho millones de dólares para continuar el desarrollo y la investigación del proceso d'Arsonval.

Si bien el proceso d'Arsonval es poco conocido, el principio de su funcionamiento es sencillo: así como una máquina de vapor aprovecha la diferencia de temperaturas entre la caldera y el medio ambiente, la máquina d'Arsonval usa un fluido que se calienta en contacto con las capas marítimas superficiales y se enfría con las profundas. La expansión continua del fluido al calentarse se usa para mover un generador eléctrico. Las plantas d' Arsonval se asemejan a gigantescas medusas de concreto y acero que flotan casi totalmente sumergidas en el océano.



LXVII. ECONOMÍA MATEMÁTICA

GRAN PARTE del prestigio de las ciencias físicas proviene del refinado lenguaje matemático que han desarrollado y asimilado. Y aunque muchas de las matemáticas que usa un físico común y corriente son tradicionales o primitivas, desde el punto de vista de los propios matemáticos, el tenerlas como herramienta los lleva a mirar por encima del hombro a investigadores de otras disciplinas, que todavía no pueden construir rigurosos modelos matemáticos. Dentro de esta actitud de desprecio, los científicos "duros" o naturales incluyen comúnmente a las ciencias sociales, en las que creen encontrar una gran dosis de "cotorreo".

Ante esta presión externa, el investigador de ciencias sociales, que trata de entender una realidad sumamente compleja, responde encogiendo los hombros o poniéndose a aprender matemáticas. La posibilidad de construir un modelo matemático, que sea pertinente a la realidad bajo estudio, no depende únicamente de la capacidad matemática y científica del investigador, sino también de la madurez relativa de su disciplina. Así, por razones obvias —el dinero se cuenta—, la economía fue invadida desde hace tiempo por cierta parafernalia matemática, aunque a los ojos de un científico "duro esta matematización parece trivial por la ausencia de un modelo básico bien definido.

Esta situación ha comenzado a cambiar con la aparición de la economía matemática, que recibió una fuerte influencia del libro de Arrow y Hahn, *General Competitive Analysis*. Esta corriente de la economía ha estado bajo el ataque de las escuelas tradicionales, comprometidas ideológicamente, que alegan que la neutralidad aparente de la economía matemática esconde intenciones reaccionarias. Pese a estos ataques, los pocos economistas matemáticos han estado elaborando un verdadero modelo de parte de la realidad económica. El esfuerzo tiene que ser muy grande; como en toda la ciencia, será necesario distinguir qué es lo esencial de una realidad muy compleja, de la que forma parte la vasta información producida por los economistas durante muchos años. Será también necesario aislar aquellas partes de la realidad que permitan el análisis, y además encontrar o desarrollar la herramienta matemática idónea.

Como uno de sus primeros resultados, la economía matemática produjo un modelo riguroso, aunque por ahora estático, del problema de la distribución de recursos en una sociedad. Es interesante que dicho modelo no difiera en su estructura de los que abundan en las ciencias físicas y químicas.



LXVIII. LOS ELUSIVOS CUARKS



DESDE que Gell-Man y Zweig crearon el modelo de los cuarks para explicar las propiedades de una clase de partículas elementales, esos misteriosos entes comenzaron a ganar adeptos entre los físicos. Ante las pruebas experimentales que se acumulaban y la clásica belleza del modelo —que a partir de unos cuantos cuarks construye los protones, neutrones, mesones y demás— los escépticos perdieron poco a poco terreno. Pero como todas esas pruebas son indirectas, los cuarks están hoy como los átomos de hace un siglo, o como el "coco" de nuestra infancia: casi todo el mundo cree en ellos pero nadie ha visto ni siquiera uno. Tan difícil e infructuosa ha resultado la cacería de cuarks que algunos creen que son intrínsecamente inobservables de manera aislada y directa. Las dificultades psicológicas se incrementaron por su falaz descubrimiento hace varios años: un físico que creyó haberlos observado se apresuró a publicar su hallazgo, pero todo fue un fiasco que incluso afectó la carrera del protagonista. Después de ese paso en falso, que escandalizó a la comunidad científica internacional, nadie quiere convertirse en efímera Cenicienta y que al día siguiente de bailar con el príncipe le quede grande el zapato.

El valiente que se atrevió a anunciar el siguiente paso fue el doctor Guillermo Fairbank, de la Universidad de Stanford, quien goza de una bien merecida fama como investigador original y cauteloso. El experimento realizado por Fairbank y varios colegas suyos nos trae reminiscencias de la clásica experiencia de Millikan para medir —hace ya muchos años— la carga del electrón: tomó una pequeña esfera de niobio en estado superconductor y le midió la carga eléctrica. La carga de la pelota se modificaba después de cada medición añadiéndole unos pocos electrones o positrones. Como resultado, la carga de la bolita aumentaba o disminuía en unidades de la carga electrónica, del mismo modo que brinca la ranita que usan los niños en la escuela primaria para aprender a sumar. El chiste del procedimiento está en detectar si las cargas medidas están colocadas con simetría respecto al cero de la escala; una asimetría podría deberse a que la bolita de niobio tuviera una carga electrónica fraccionaria. De acuerdo con Fairbank, su experimento mostró en dos ocasiones que la tan mencionada pelotita —de 1/4 de milímetro de diámetro— tenía una carga cercana a una tercera parte la del electrón: ¡justamente la peculiar carga eléctrica de uno de los cuarks!

Aunque Fairbank asegura que él y su equipo eliminaron meticulosamente cualquier otra causa que pudiera producir el mismo efecto, el experimento no ha pasado la prueba de fuego: nadie lo ha podido reproducir. Con las cosas como van, las pruebas indican que los cuarks son capaces de eludir cualquier trampa que les tendamos para observarlos. De hecho, la misma teoría de los cuarks tiene que tomar en cuenta esta elusividad como una de sus propiedades más importantes.

Indice |



LXIX. LAS POPULARES CASTÁSTROFES

DESDE su aparición, la teoría de las catástrofes mostró ser gran taquillera. Parecería que casi todas las disciplinas científicas cuentan con fanáticos de las catástrofes, que se han dedicado a aplicar dicha teoría a troche y moche: la física, la psicología, la biología, la sociología, la etología, la ecología, la lingüística, la economía y hasta la politología han recibido el influjo de la teoría de las catástrofes. Sin pretensiones escatológicas, la teoría de las catástrofes se originó con René Thom, del Instituto de Altos Estudios de Francia, al estudiar la "catástrofe" representada por el brinco o discontinuidad en la solución de ciertas ecuaciones matemáticas; los brincos ocurren inesperadamente al variar continua y suavemente los parámetros que en esas ecuaciones aparecen. A partir del análisis de este tipo de problemas, Thom construyó su teoría, la cual ha sido desarrollada y aplicada por muchos y en particular por Cristóbal Zeeman, de la Universidad de Warwick en la Gran Bretaña.

Es tal la variedad de problemas a los que fue aplicada la teoría de las catástrofes —desde la turbulencia en los fluidos hasta la agresividad de los perros, pasando por los motines en las prisiones— que se vio acompañada de una verdadera campaña publicitaria. Inclusive recibió la atención entre los medios no especializados, del *Newsweek* y del *New York Review of Books*. Pero tras tan sonado "éxito", la teoría tuvo que enfrentarse a la crítica sistemática y hábil de un número creciente de matemáticos. Las acusaciones fueron en contra de los trabajos de Zeeman y otros "aplicadores", más que en contra de Thom y la teoría original misma. Los críticos, entre los que sobresalió Héctor Sussmann de la Universidad Rutgers, en Los EU, mostraron que las mencionadas aplicaciones se hicieron con una lamentable falta de rigor y que se exageraron en demasía tanto sus resultados cuanto sus posibilidades. Entre los que apoyaron a Sussmann en sus críticas estuvieron matemáticos de la talla de Esteban Smale y Marcos Kac.

Los buscadores de catástrofes tuvieron que batirse en retirada. Ya en la tranquilidad de sus cubículos, los matemáticos que sí habían captado el mensaje de Thom continuaron su trabajo. Este callado esfuerzo muy lejano del mundanal ruido de los diarios, nos ha estado abriendo un nuevo campo de posibilidades: fenómenos alineales, bifurcaciones y muchos más. En particular, el trabajo de Thom ha contribuido a conformar la nueva disciplina llamada biología matemática: el inicio de un largo camino que llevará a tratar los fenómenos biológicos mediante modelos y leyes expresadas en lenguaje matemático.

Es curioso que la polémica en contra y a favor de la teoría de las catástrofes casi no tuvo repercusión en México por la sencilla razón de que la teoría misma no llegó a tiempo a nuestro medio subdesarrollado. La lentitud para aprender cosas nuevas se convierte así en clara ventaja al no tener que olvidarlas cuando han sido probadas erróneas.



LXX. NOTAS MUSICALES

LA ORIGINALIDAD de los grandes compositores ha sido puesta en duda por Denny Parsons, quien además de ser jefe de relaciones públicas de la Biblioteca Británica se dedica en sus ratos libres a espulgar bien conocidas melodías y temas musicales. Parsons usa el sencillo expediente de la nota flotante, con el cual clasifica a una melodía de acuerdo con el tono de cada nota en relación a la nota inmediata anterior; esto es, se registra si una nota está por encima, igual, o por debajo de su predecesora. Si usamos las letras S (sube), I (igual) y B (baja), y denotamos a la primera nota mediante un asterisco (*) podemos describir algunos de los hallazgos de Parsons.

En un total de 30 compositores analizados (desde Bach hasta Wagner, en orden alfabético), Parsons encontró un gran consenso en las preferencias de temas musicales así clasificados: una gran mayoría (22) prefiere comenzar una melodía con *SS, como segunda preferencia (14) se tiene *SB, y así siguen hasta llegar al noveno y más impopular tema que es *BI. El análisis ulterior de 3 005 temas por otros 270 compositores, más 3 763 canciones populares, llevó a Parsons al sorprendente descubrimiento de que una gran mayoría de los compositores occidentales tienen casi idénticas preferencias en las tres primeras notas de los temas musicales que construyen. La Ley Empírica que de aquí se deduce establece que, para no salirse del camino trillado, hay que preferir a las nueve posibles combinaciones en el siguiente orden: *sube sube, *sube baja, *baja sube, *baja baja, *igual igual, *igual sube, *sube igual, *igual baja y el patito feo *baja igual.



LXXI. ANIVERSARIO DE NEWTON

EN 1977 se celebró el 250 aniversario de la muerte de Isaac Newton. Aunque no estemos convencidos de la importancia de las efemérides ni del santoral científico, estos recordatorios son una excusa tan buena como cualquier otra para reflexionar acerca de nuestros predecesores. Aunque siempre existen riesgos. Como con el comentario periodístico que se dio acerca de una bella ceremonia en el Palacio de Bellas Artes, con motivo de otro aniversario: uno de nuestros diarios anunció que se "recordaría la obra del gran músico (sic) Federico Gauss".

Para evitar un posible fiasco de algún ingenuo que busque en la Enciclopedia un mínimo de datos acerca de Newton, hay que advertir que la fecha citada de su muerte y que está inscrita en su tumba en la Abadía de Westminster es el 20 de marzo de 1726. La primera reacción sería pensar que el 250 aniversario ¡debió haberse celebrado en 1976! Sólo que la fecha de 1726 está de acuerdo con el calendario Juliano, que Inglaterra no abandonó sino hasta 1751, mientras que el calendario Gregoriano había sido aceptado por los demás países europeos desde 1582. De modo que, según el calendario todavía vigente, Newton murió en 1727.

Otra muy popular confusión del mismo origen, es la que refiere que Newton nació el año en que murió Galileo (1642). Para los que gustan de repetir esta coincidencia —y que quizá lo hagan por creer en la transmigración del espíritu científico— es necesario aclarar que Newton nació el 5 de enero de 1643 del mismo calendario en el que la muerte de Galileo ocurrió el 8 de enero de 1642.



LXXII. VIDA EXTRATERRESTRE

LA BÚSQUEDA de vida extraterrestre no es sólo ocupación predilecta de los ferrizes de este mundo. Sin creer por ello que va a aparecer un marciano bajando de un platívoló, muchos investigadores toman muy en serio la posibilidad de detectar la existencia de vida inteligente en el Universo. La razón detrás de su interés está en que, si bien sólo una de 100 000 estrellas es candidata a tener a su alrededor un planeta similar al nuestro, son tantas las estrellas de nuestra Galaxia —100 000 millones de billones— que la búsqueda bien merece la pena.

Para tratar de captar una señal proveniente de una civilización extraterrestre, los científicos usan los gigantescos radio telescopios que también sirven para menos exóticos fines. Los radio telescopios son grandes antenas cuyo poder de detección depende de su tamaño y del equipo electrónico anexo; el mayor con el que se cuenta actualmente está en Arecibo, Puerto Rico, y tiene 300 metros de diámetro. De 1960 a 1980, entre distintos grupos se han "escuchado" cerca de 1 000 estrellas en un radio de 80 años-luz desde nuestro Sistema Solar; los resultados han sido negativos. No obstante, para tomar en cuenta los cálculos de probabilidad correspondientes con alguna esperanza de buen éxito, será necesario buscar entre las 100 000 estrellas que están hasta 1 000 años-luz de distancia. Existe un programa en la Unión Soviética para estudiar todas las estrellas "adecuadas" dentro de un radio de 100 años-luz. El programa comenzó en 1975 y se extenderá hasta 1990, contemplado un incremento en la capacidad de detección para alcanzar posteriormente los 1 000 años-luz de distancia.

Por otro lado, la capacidad de emitir una señal de radio con una potencia suficiente para ser "escuchada" con medios similares a los nuestros, está fuera de duda para cualquier civilización como la terrestre o algo más avanzada. De hecho, con la tecnología contemporánea podríamos hacernos escuchar hasta a varios cientos de años-luz y con un gran esfuerzo financiero llegaríamos hasta 10 000 años-luz.

Todos estos cálculos suenan muy bien y están hechos por personas bastante serias y responsables. Pero al calcular la probabilidad de que exista otra civilización en el Universo, con la cual podríamos entrar en comunicación, hay factores que han sido frecuentemente olvidados. Las únicas formas de vida y de civilización que conocemos son las que se han desarrollado en nuestro planeta, y pese a la imaginación de los novelistas y los científicos, no hemos podido concebir otras formas que sean radicalmente distintas. Así las cosas, nadie ha tomado en cuenta la probabilidad, o más bien la improbabilidad, de que una civilización como la nuestra pueda sobrevivir más allá de los pocos milenios que llevamos, milenios que son sólo un instante en la escala cosmológica.

Indice |



LA POLÉMICA acerca de la influencia biológica sobre las sociedades humanas es la forma moderna de la gran discusión que comenzó con Carlos Darwin. Pero 100 años no han pasado en vano. Los actores han cambiado y la trama se ha complicado. Paradójicamente, los herederos de la más pura mentalidad reaccionaria —que antaño se levantó con vehemencia en contra de la teoría darwiniana— son hoy acérrimos defensores del determinismo biológico y evolucionista en el comportamiento social e individual del hombre. Por su parte, quienes hace 100 años recibieron con beneplácito las ideas de la evolución de las especies, y las defendieron, cuentan con sucesores que niegan toda injerencia biológica —¡materialista!— sobre la sociedad. La transmutación no debería sorprender tanto a los que han visto un partido comunista defender la libertad sindical y al partido de derecha abogar por la justicia social. Esta característica camaleónica no es novedad entre políticos ni entre científicos.

La lección por aprender, en el caso de las teorías científicas, es distinguir cuándo se toma partido por motivos extracientíficos y cuándo no. En la discusión sobre las relaciones biología-sociedad, la trama se enredó con la aparición de un buen número de libros que pretenden popularizar conceptos e ideas de la antropología y la etología. Con autores salidos de los foros de Broadway, como Roberto Ardrey, o de un cubículo universitario, como el mismísimo Conrado Lorentz, han aparecido *La génesis africana*, *Agresión*, *El mono desnudo*, *El zoológico humano* y muchos otros con la característica común de evitar el rigor científico. Para colmo, Eduardo Wilson cometió igual pecado en el último capítulo de *Sociobiology*, después de haberlo evitado virtuosamente durante los 26 primeros.

Roberto Martin, investigador de la Sociedad Zoológica de Londres, llevó un aire de sensatez a la discusión del asunto: "El hombre no es una cebolla; no puede uno simplemente pelar sus capas de cultura para descubrir en su interior a un homúnculo biológico." Pero aun si el comportamiento humano no tuviera una contribución biológica, "éste debe haber evolucionado y su evolución explicarse". La historia y la evolución, la biología y la cultura son, al igual que antes el cuerpo y el alma, parte del mismo fenómeno.



Indice



LXXIV. EL CHARLATÁN DE LAS BERMUDAS

DESPUÉS de embolsarse muchos millones de pesos, provenientes de los incautos que compraron *El triángulo de las Bermudas*, su autor Carlos Berlitz publicó *Without a Trace*, en el que relata una sarta de historias que, como en su primer libro, son puro cuento. Dada la peligrosidad de los charlatanes para la salud cultural de toda sociedad, cabe mencionar unos cuantos puntos respecto a las Bermudas y su triángulo. Como Lorenzo Kusche había ya publicado un libro en el que dio el resultado de reexaminar más de 50 casos presentados por Berlitz —encontrando que las "misteriosas desapariciones" están sustentadas en citas equivocadas, interpretaciones distorsionadas y evidencias falsas—, éste, en su nuevo libro, atacó a aquél por incrédulo, pero se abstuvo de relatar ninguna nueva "desaparición": ahora se trata de ovnis, visiones y monstruos increíbles.

Varios de los nuevos cuentos fueron investigados por Graham Massey —productor del programa *Horizons* de la BBC— y de nueva cuenta encontró que las fuentes eran inexistentes o que las personas citadas habían sido mal interpretadas, excepto en el caso de un señor ya desde hace mucho firme creyente de cualquier charlatanería. En su nuevo libro, Berlitz aprovecha una valiosa técnica pseudocientífica: presentar un fenómeno extraño, seguirlo con una explicación razonable que le quita lo exótico, y de inmediato sugerir que tales explicaciones son demasiado simples para ser verdad. Pero en fin... quien por su culpa es güey...



LXXV. COMUNICACIÓN ASEGURADA

HAY concepto revolucionarios que parecen perogrulladas y el campo de la tecnología no es la excepción. Dentro de los variados aspectos que las dos superpotencias tienen que cuidar en su desenfadada competencia armamentista, destaca el de sus respectivos sistemas de telecomunicaciones. La preocupación esencial es la de crear un sistema de comunicación capaz de sobrevivir un ataque nuclear generalizado. Una solución sería construir estaciones de telecomunicación que fuesen prácticamente indestructibles; mas esta exigencia es tan estricta que su costo está incluso por encima de los gigantescos presupuestos militares de los EU y la URSS. Por ello, el problema lo plantean los comunicólogos de esta otra manera: ¿cómo construir una estructura confiable a partir de componentes que no lo son en absoluto?

En los EU, la persona que encontró la solución es Pablo Baran, ingeniero cincuentón que trabajó durante 10 años para la *Rand Corporation* y que hoy dirige una oscura compañía en California. Mientras estuvo en la Rand, Baran desarrolló el concepto llamado *packet switching*, que dio lugar a una enciclopedia de trece volúmenes, cinco de ellos todavía mantenidos en secreto.

El chiste del *packet switching* —que alguien calificó como lo más importante en telecomunicaciones desde que Arturo C. Clarke concibió el uso de satélites para el propósito—, estriba en que el mensaje pueda llegar al destinatario a través de cualquier ruta disponible de la red de comunicación. Con ello sólo es necesario que alguna ruta esté disponible en algún momento, lo que puede casi asegurarse en una red extensa y muy interconectada, aunque cada elemento pueda fallar individualmente. Éste es un claro ejemplo de cómo problemas muy complejos se resuelven —a veces— con ideas muy sencillas. De hecho, no es necesaria una tecnología avanzada para llegar a la esencia del *packet switching*: los heroicos vietnamitas establecieron, durante la invasión yanqui a su país, un sistema de comunicación y transporte fundado en el mismo principio a lo largo del camino de Ho Chi Min. Los mensajes y pertrechos, distribuidos sobre toda una red de personas en bicicleta, no fueron detenidos por el más violento e intenso bombardeo de la historia; aunque heroicos en extremo, los vietnamitas no eran indestructibles; aun así, el sistema que desarrollaron resultó más confiable que cualquier línea ferrocarrilera, naviera o carretera.

Otro ejemplo de *packet switching*, éste antiquísimo y un tanto folclórico, es el de los "borregos", chismes y murmuraciones. Si quiero estar seguro que el "borrego" llegue a alguien en particular, lo único que tengo que hacer es "distribuir el mensaje" en toda una red retransmisora de intermediarios; no importa que algunos olviden el mensaje y que la mayoría no conozca a quien está dirigido: el chisme lleva en clave la identidad del destinatario y a él llegará.



LXXVI. EL ORIGEN DE LA VIDA

DESDE hace tiempo se especula si algunas de las epidemias que sufre la humanidad provienen del espacio. Los proponentes modernos de esta idea son Fred Hoyle y Chandra Wickramasinghe, ambos profesores del *University College* de Cardiff, País de Gales, quienes consideran factible que sean los cometas los responsables de ciertas pandemias y, más aún, del origen de la vida en nuestro planeta.

Los autores de esta explicación arguyen en contra de la teoría de Oparin y Haldane de que la vida se originó a partir de una "sopa primigenia", formada por muchas sustancias químicas complejas en la superficie de nuestro planeta hace miles de millones de años. Hoyle y su colega hacen notar la falta de pruebas evidentes y la poca probabilidad de ciertas condiciones para que dicha sopa se haya dado hace mucho tiempo en la Tierra. En su opinión, no hay indicios de una época cuando la atmósfera era reductora ni que puedan haberse dado las intensas tormentas eléctricas necesarias para formar las moléculas prebióticas.

En un franco y arriesgado vuelo de la imaginación —usual en la carrera de Hoyle, quien se ha hecho notorio por fertilidad de sus neuronas—, Hoyle y su compañero proponen que fueron cometas los que acarrearon desde el espacio interestelar moléculas de aminoácidos, de polisacáridos y de compuestos heterocíclicos nitrogenados, en cantidades y concentraciones suficientes para haber desencadenado la historia de la vida en nuestro planeta. Como los cometas han seguido su continuo, aunque a veces errático, peregrinar por los confines del Sistema Solar, ellos habrían seguido contaminando de cuando en cuando la Tierra con nuevas moléculas y virus "cocinados" en el núcleo de los mismos cometas. La hipótesis es extraordinaria; dada la notabilidad de Hoyle, no pasará mucho tiempo sin que aparezcan las críticas, positivas o meramente sanguinarias, que la pongan en su lugar. Cualquiera que sea el destino que corra, debemos alegrarnos de constatar que la ciencia moderna no requiere inventar ovnis para lanzar ideas que merecerían ser sensacionales.



LXXVII. EPPUR' SI MUOVE

CUANDO la revolución de Copérnico destronó la antigua visión ptolomeica, la Tierra dejó de ser el centro del Universo y se convirtió en uno más de los cuerpos del firmamento; pero con ello la Tierra no sólo perdió su posición privilegiada y única, sino que además dejó el reposo para moverse. Desde entonces, una serie de descubrimientos nos han mostrado cada vez nuevas facetas de este movimiento.

Gira la Tierra alrededor del Sol en una órbita elíptica, casi circular, que recorre con una velocidad de 30 kilómetros por segundo. Pero el Sol tampoco es el centro del Universo, sino que sólo es una de las innumerables estrellas que forman nuestra galaxia. En relación a las estrellas más cercanas, el Sol viaja a unos 20 km/s en dirección de la estrella Vega, de la constelación de la Lira, y la Tierra lo acompaña en este movimiento. Mas la Galaxia gira también, cual gigantesco vórtice de estrellas, y el Sol y sus vecinas no son ajenos a este giro; el Sol sigue una trayectoria, en torno al centro de la Galaxia, que le lleva 200 millones de años circundar. Durante la última vuelta del Sol y sus planetas alrededor del centro galáctico, aquí en la Tierra aparecieron y se extinguieron los dinosaurios, brotaron las primeras flores, volaron las primeras aves y evolucionaron los mamíferos. Esta trayectoria la sigue el Sol —y nosotros con él— a una velocidad mucho mayor que las anteriores, cercana a los 200 km/s y que apunta hoy hacia el lugar donde vemos la constelación del Cisne.

La cadena de movimientos no termina aquí. Nuestra galaxia ha resultado ser una entre muchas y ni siquiera ella puede considerarse como centro del Universo. Así, la Galaxia se mueve respecto a las galaxias más próximas, en lo que se conoce como el "grupo local" a unos 100 km/s, desplazándose en dirección de la Nebulosa de Andrómeda, otra enorme galaxia espiral muy semejante a la nuestra.

Todos estos movimientos, todas estas velocidades, son relativos a algún otro objeto del Universo: de la Tierra respecto al Sol, de éste respecto a sus vecinos, de éstos respecto al centro galáctico y, finalmente, de nuestra galaxia respecto a sus vecinas del grupo local.

Hasta la fecha se han observado miles de galaxias. Algunas son tan lejanas que su luz tarda miles de millones de años en llegar hasta nosotros. En esta escala gigantesca, que abarca todo el Universo hoy observado, los grupos de galaxias se alejan los unos de los otros. Esta mutua y creciente separación se ilustra con una sencilla analogía: piénsese en un pastel relleno de nueces mientras se hornea, al irse hinchando el pastel, todas las nueces se irán separando una de otras. Así es como los imaginamos al Universo en continua expansión.

La expansión del Universo sugiere una remota época cuando toda la materia estaba sumamente concentrada; a partir de entonces, como en una gran explosión, las distintas partes del Universo han estado en permanente movimiento, impulsadas unas de las otras cada vez más lejos. Una de las más grandes hazañas científicas de nuestro tiempo ha sido, sin duda alguna, el concebir el estado del Universo en esos instantes del Gran Pum. Basta leer *The First Three Minutes*, el maravilloso libro de Esteban Weinberg que lleva al lector hasta los primeros momentos de nuestro Universo.

Como resultado del Gran Pum primigenio, no sólo se produjo la expansión de materia del cosmos, sino también una intensa radiación electromagnética. Con el transcurrir de muchos millones de años, esta radiación fue diluyéndose a la mano de la expansión universal. En el presente, dicha radiación permea tenuemente el espacio interestelar y se le conoce como radiación de fondo; fue descubierta en 1964 mediante radiotelescopio y es uno de los rastros del pasado más remoto del Universo.

El descubrimiento de la radiación de fondo hizo preguntarse a los astrónomos: ¿cuál es la velocidad de la Tierra respecto a esta tenue radiación? La respuesta fue encontrada hace unos años por un grupo de investigadores de la Universidad de Berkeley, en los EU. Mediante un avión U-2, del tipo que alcanzó notoriedad por utilizarse en el espionaje internacional —y que se conoció por el público cuando la URSS

derribó uno de estos aparatos que espiaba su territorio—, los investigadores observaron con detenimiento la radiación de microondas que incide sobre nuestro planeta desde el cosmos. El resultado de estas investigaciones arrojó nueva luz sobre nuestra parte del Universo: en apariencia, nuestra galaxia se mueve respecto a la radiación de fondo con una velocidad de 600 km/s. Esta velocidad es tan grande que se concluye que las demás galaxias del grupo local se desplazan similarmente respecto a dicha radiación. Otros grupos de galaxias, más alejadas de nosotros, parecen moverse con velocidades semejantes pero en direcciones distintas que nosotros.

Este descubrimiento tendrá una gran influencia sobre nuestra imagen científica del Universo. En lugar de un cosmos donde los grupos de galaxias se alejan uniformemente unos de otros, parece ocurrir que, además de esa expansión, la materia del Universo esté separada en grandes supercúmulos de galaxias, los cuales se desplazan entre sí con grandes velocidades. Este descubrimiento no pone en peligro el modelo del Gran Pum, pero muestra que la naturaleza es más compleja y rica de lo que hasta hace poco pensábamos.

La medición de la velocidad de la Tierra respecto a la radiación de fondo nos recuerda los infructuosos esfuerzos de los científicos de finales del siglo XIX quienes trataron de detectar el movimiento de la Tierra a través del éter, esa sustancia elusiva que se creía que permeaba todo el espacio. Los científicos de esa época no detectaron movimiento alguno y se vieron encajonados en una conclusión inaceptable, filosóficamente, desde tiempos de Galileo: según ella, la Tierra sería el único cuerpo inmóvil de todo el Universo. La salida la encontró Einstein al hacernos ver que el éter era un mero engendro hipotético e innecesario, y que por tanto el no detectar su movimiento era una simple consecuencia de que no existía. Éste fue una de las fuentes de la teoría especial de la relatividad. En un problema semejante, pero mucho más serio, se hubieran visto los científicos contemporáneos si la velocidad de la Tierra o de la Galaxia, respecto a la radiación de fondo, hubiese resultado nula. Pero no lo es y podemos estar tranquilos de que nuestro planeta no cuenta con ningún privilegio en el cosmos; excepto, quizá, por nuestra propia existencia.



LXXVIII. LOS EXPERTOS Y EL GRAN PÚBLICO

LA IMAGEN que el público tiene de la ciencia y los científicos es, por decirlo positivamente, bastante curiosa. Para tratar de definirla un poco más, Roberto G. Shepherd y Erich Goode, ambos profesores en universidades del noroeste de los EU, hace varios años se pusieron a analizar quiénes son los científicos que conoce el "gran" público. Para ello distinguieron dos tipos de artículos que llegan a la gente: los que tienen como noticia a un descubrimiento o invención, y los que se concentran en la personalidad de algún hombre de la ciencia, al que se considera "experto". Además, y para tomar un caso que garantizara la atención del público, Shepherd y Goode examinaron un tema de clara actualidad: las investigaciones acerca de los efectos de la marihuana.

Para tal efecto, los autores reunieron un total de 271 artículos científicos acerca del tema de la marihuana, incluidos en el *Index Medicus*, y por otro lado examinaron tres prestigiados diarios norteamericanos y 26 revistas de amplia circulación, donde encontraron 275 artículos periodísticos que se referían promordialmente a los efectos médicos de la hoy famosa *Cannabis*.

Como resultado de su tarea, Shepherd y Goode descubrieron que "el destino típico de las investigaciones científicas, incluso en un tema de actualidad, es no recibir ninguna atención por parte de la prensa". Esta conclusión se desprende del hecho de que sólo 20 artículos científicos —de los 271— fueron citados por la prensa, y eso en sólo 53 ocasiones. Aunque, en honor a la verdad, los estudios acerca de la marihuana que sí llamaron la atención en la prensa, recibieron también el beneplácito de la comunidad científica: ellos tenían cuatro y media veces más citas científicas que el promedio.

Pero la historia es más interesante en cuanto a los artículos periodísticos que se refieren principalmente a la opinión de algún "experto". De las 513 "autoridades" citadas por la prensa, ¡el 28% eran desconocidos por la comunidad científica y ni siquiera pudieron ser localizados! Pero además, otro 36% es totalmente desconocido por sus trabajos acerca de la marihuana; así,—por ejemplo, el *Science Citation Index*, la revista más autorizada que compendia las citas de los trabajos científicos en revistas de todo el mundo, no contiene ninguna cita de esos trabajos, si es que existen. Y el número total de citas, de trabajos del conjunto de 513 "expertos", es 30 veces menor que el promedio para quienes aparecen en el *Index Medicus* con artículos sobre el tema de la marihuana.

Mas los "expertos" no son desconocidos en la comunidad científica. En efecto, lo que parece ser el común denominador de estos "expertos" es que son reconocidos en otras áreas científicas ajenas al tema en cuestión o, con más frecuencia, que tienen puestos de mando en instituciones científicas. En verdad, los reporteros deberían prestar más atención a sus fuentes científicas; lo que están haciendo es equivalente a entrevistar al rector de una universidad para interrogarlo acerca del campeonato de futbol... sólo porque esa universidad tiene un buen equipo.



Indice



LXXIX.CUBETAZO A LA SOCIOBIOLOGÍA

DURANTE una reunión de la Asociación Norteamericana para el Avance de la Ciencia (AAAAS), se celebró un simposio acerca de la sociobiología, donde se discutieron los aspectos culturales y biológicos (genéticos) del comportamiento social. La reunión comenzó muy apropiadamente con los tintes y matices de las más álgidas discusiones científicas. Eduardo Wilson, portavoz aparente del "movimiento sociobiológico", reiteró su convicción de que hay "evidencia sustancial y diversa que apoya la noción de que los genes influyen por lo menos algunas formas de comportamiento social humano" y otras afirmaciones en la misma dirección. Por su parte, el biólogo Esteban Gould argumentó que incluso cuando alguna forma particular de comportamiento es beneficiosa para una comunidad, no se puede inferir necesariamente que ella es un producto de la evolución biológica, sino que una explicación meramente cultural es igualmente factible. Según Gould, actualmente no hay manera de discriminar entre ambas explicaciones.



LXXX. DUDAS SEXUALES DE LOS LAGARTOS

EL ESTUDIO de la naturaleza depara muchas sorpresas y lleva a los investigadores hasta cuestiones inusitadas. Muy ilustrativo es el caso del doctor David Crews, del Museo de Zoología Comparada de Harvard, quien ha estado estudiando la vida sexual de los lagartos. Lo sorprendente del caso es que el lagarto macho tiene dos penes, de modo que el pobre animal tiene que resolver la pregunta no sólo de cuándo sino de con cuál. Crews descubrió primero que, en condiciones normales, los lagartos no tienen preferencia por ninguno de sus dos órganos, pero que después de que uno de ellos les fue extirpado, mostraban una tendencia clara a copular con el pene que les quedaba. Esto podría interpretarse como mera falta de estupidez por parte de los mutilados lagartos, pero el doctor Crews demostró que esta última cualidad no les falta. Después de castrar a los lagartos en el lado opuesto al del pene previamente extirpado, los animalitos tan mal tratados mostraron una fuerte preferencia por copular con el pene ausente.

Crews no ha podido explicar el mecanismo de decisión en estos lagartos, pero cree que hay una conexión directa entre los testículos y el cerebro. Aunque esta última conclusión debería circunscribirse, pese a ejemplos sospechosos que casi cualquiera puede conocer, a los lagartos.



LXXXI. PERIODISMO CIENTÍFICO

EN UNA ocasión, un diario capitalino, serio y de gran circulación, publicó en primera plana la fotografía de tres científicos "después de anunciarse que ellos descubrieron una tercera forma de vida: la de organismos producidos por (*sic*) el metano". Perplejo por no conocer siquiera cuál podría ser la segunda forma de vida —ya ni hablar de una tercera—, un joven profesor de bioquímica tuvo la paciencia de investigar el verdadero sentido de la supuesta noticia.

El metano es universalmente aceptado como uno de los principales constituyentes de la atmósfera terrestre en la época cuando aparecieron los primeros organismos vivientes del planeta. Además, el papel del metano como precursor de las más sencillas biomoléculas conocidas ha sido demostrado experimentalmente en los laboratorios. Ante tal panorama, ¿cuál podría ser la novedad de una forma de vida proveniente del metano? El misterio se aclaró rápidamente: no se trataba de una tercera forma de vida —que hubiera necesitado de una segunda—, ya que el descubrimiento que mereció la fotografía de primera plana no fue de organismos "producidos por" el metano sino, simplemente, de organismos "que producen" metano y que como tales podrían representar una línea evolutiva diferente a la de los organismos procariotes y eucariotes.

La sutil y esencial confusión quedó en la mente de los lectores; una carta al director del diario quedó sin aclaración ni respuesta. Si no fuera porque es muestra de un síntoma generalizado, el asunto podría relegarse como simple consecuencia de un *lapsus brutus* por parte de algún agobiado redactor. Pero casos como éste se dan con demasiada frecuencia para no tomarlos en serio. Si se examina el origen de tantas noticias desorientadas y desorientadoras, se encuentra —además del ahisevaísmo— un claro ejemplo de dependencia tecnológica: casi todas las notas periodísticas de índole científica provienen de agencias noticiosas eufemísticamente llamadas internacionales. Tales notas se escogen y traducen descuidadamente del inglés, sin ningún criterio científico y en ocasiones sin el más elemental sentido común. Esta manifestación de colonialismo científico ha logrado resultados notables: una noticia acerca de genética escribía "gente" en vez de "gene" —con las ridículas confusiones imaginables—, y un diplomático comentarista de la televisión consideró gran hazaña que una mosca brincara 50 centímetros —lo que es poca cosa para un insecto volador—, cuando el bicho campeón de salto había sido una esforzada pulga. Pasó la *fly* por la *flea* y ni se dio cuenta.



LXXXII. HUELLAS ANCESTRALES

HASTA hace unos años, los únicos rastros de los ancestros de la especie humana y de su extinta parentela eran huesos fósiles y algunos rudimentarios utensilios. Los descubrimientos más importantes están asociados con la hoy famosa barranca de Olduvai, Tanzania, y con la también famosa familia de antropólogos Leakey. Pero ya se cuenta con un nuevo rastro: a unos 40 kilómetros de Olduvai, en la misma Tanzania, el antropólogo inglés Andrés Hill descubrió las huellas de seis pisadas, dejadas por alguien que paseó por ahí hace más de 3 millones de años.

¿Cómo fue el individuo que las hizo? La respuesta no es tan elemental como lo hubiera pensado Holmes: el individuo caminaba erecto, de manera similar a como lo hacemos nosotros, pero al pisar cruzaba el pie derecho a la izquierda y el izquierdo a la derecha. Los sospechosos se reducen a dos: a un Homo, verdadero superabuelo de nosotros, y a un Australopitecus, pariente desgraciado que nunca llegó a mucho en su vida ni en su descendencia. En el mismo lugar donde se encontraron las huellas —endurecidas por el sol y rellenas con ceniza volcánica—, María Leakey descubrió dientes y fragmentos de mandíbula del Homo y del Australopitecus. La estructura ósea, reconstruida a partir de los huesos fósiles de la pelvis y de las extremidades, indica que ambos caminaban en dos pies. Es necesario estudiar con más cuidado las diferencias en el posible funcionamiento biomecánico de las dos especies para finalmente identificar quién dejó las huellas. Desde que la misma María Leakey hizo el anuncio de estos descubrimientos, se han encontrado otras cuantas huellas en los alrededores de las primeras.



LXXXIII. OTRA VEZ LAS BERMUDAS

EL TRIÁNGULO de las Bermudas también recibe la atención del mundo socialista. Como los ingenuos y los charlatanes se dan en todas las naciones y sistemas económicos, en todas las naciones es necesario trabajar en el derrumbe de patrañas. Después de las investigaciones que mostraron la clara falsedad de las "historias" acerca de esa región del Atlántico, fue una expedición soviética la que durante dos años se dedicó a estudiar el malhadado Triángulo. Con base en el navío de investigación *Académico Vernadsky*, los estudios realizados no hallaron nada de misterioso, pero suministraron mucha información acerca de la dinámica del océano y de su atmósfera. En voz del profesor Leónidas Brejovskij, presidente de la Comisión de Estudios Oceanográficos de la URSS: "No hay nada misterioso en el océano excepto su inmensidad, que es difícil de imaginar. Hay muchísimos problemas a resolver que son más interesantes que los mitos acerca de acontecimientos sobrenaturales."



LXXXIV. RUIDO PARA LA TARTAMUDEZ

TODOS aprendimos la historia de que Cicerón, magnífico orador, era tartamudo. También recordamos la anécdota acerca de la manera en que el mismo Cicerón corregía su defecto de dicción: metiéndose varias piedrecillas a la boca. Quien haya tratado de hablar con piedras en la boca —sea tartamudo o no— sabe lo difícil que es darse a entender así, y el riesgo que se corre de romperse la dentadura.

Para encontrar una manera más eficaz y segura de corregir la tartamudez, en los casos que sea intratable por otros medios, una compañía británica aprovechó un fenómeno conocido: cuando un tartamudo se ve obligado a hablar en un ambiente muy ruidoso —como cerca de una catarata— frecuentemente lo hace con buena dicción. Como sería en suma incómodo para el tartamudo y sus oyentes el que deambulara con un radio o tocacintas a todo volumen, la Universidad de Edimburgo desarrolló un dispositivo llamado *Edinburg Masker*, el cual hace llegar un ruido al oído del paciente —mediante un auricular— para enmascarar su propia voz. El ruido se genera únicamente cuando el paciente habla y es generado por su misma voz. El anuncio del adminículo informa que se ha logrado gran mejoría en 9 de cada 10 pacientes... aunque no aclara si acaban hablando a gritos.



Indice |



LXXXV. LA BRÚJULA OLMECA

TAL parece que la civilización olmeca fue la primera en inventar la brújula magnética, con lo que se adelantó a los chinos en casi 1000 años. En efecto, en las ruinas olmecas de San Lorenzo, Veracruz, se encontró hace varios años un pequeño objeto imantado, al que se puso por nombre M-160 y que por azares del imperialismo científico se encuentra ahora en la Universidad de Michigan, EU, a donde fue llevado por sus descubridores, P. Kroster y M. D. Coe. Este curioso artefacto fue estudiado con meticulosidad por Juan B. Carlson, investigador de la Universidad de Maryland, quien concluyó que el M-160 fue usado como brújula.

Las pruebas presentadas por Carlson apuntan a la habilidad de los olmecas para trabajar el hierro, puesta de manifiesto por varios y extraordinarios espejos bruñidos, así como a su preocupación por orientar sus construcciones de una manera particular. Con esta base, el estudio del objeto imantado y de sus características muestra como muy probable su uso al modo de una brújula. El artefacto es una barrita de 3.5 cm de longitud, y si se le pone a flotar sobre un corcho en agua o mercurio, su eje se orienta 36° al oeste del norte magnético. La edad del objeto M-160 es mayor de 3 000 años, lo que convertiría, si el resultado de la investigación se confirma, en el imán de brújula más antiguo del mundo.

Este descubrimiento puede ser motivo de orgullo para los modernos mexicanos, pero los que no se podrían tan contentos son los antiguos olmecas, al ver que nosotros tenemos que esperar a que vengan científicos extranjeros a descubrir lo mejor de nuestro pasado.



LXXXVI. FALLIDO DESCUBRIMIENTO

ENTRE las cosas que los físicos han estado buscando sin encontrar están los *cuarks* y los monopolos magnéticos.

Estos últimos son unas partículas submicroscópicas cuya existencia haría más bellas las leyes de la física. Hasta la fecha, el electromagnetismo muestra una clara falta de simetría: si bien hay cargas eléctricas que originan los campos electrostáticos, no se han podido detectar las correspondientes cargas magnéticas. La fuente magnética más elemental que se conoce es un dipolo, que se puede pensar como la unión de dos monopolos, uno "norte" y el otro "sur", pero ninguno de éstos se han encontrado, aislado del otro, en la naturaleza. No obstante, ninguna ley de la física prohíbe la existencia del monopolo magnético, por lo que la cuestión se reduce a contestar tres preguntas: ¿existe el monopolo magnético?, si la respuesta es no, ¿por qué? y si la respuesta es sí, ¿por qué no lo hemos observado entonces?

Hace unos años, el mundo de la física se entusiasmó con el anuncio del descubrimiento del monopolo magnético. El experimento usaba un sandwich formado por varias capas de detectores de partículas y que fue subido a la estratósfera en un globo. Las partículas cósmicas que cruzaran el sandwich dejarían su huella en cada uno de los detectores, de modo que las características de cada partícula podían deducirse del rastro que dejaran en el sandwich. Los autores del experimento, P. Buford Price y W. Zack Osborne, encontraron entre muchísimos rastros uno solo cuyas características, según ellos, coincidían con las de la tan buscada partícula.

Pero parece que los "papás" del monopolo se precipitaron al anunciarlo sin tener debida cuenta de todos los factores que influyeron en su experimento. En un congreso sobre rayos cósmicos que se celebró en la Universidad de Bristol, poco después del anuncio de Price y Osborne, tuvieron que enfrentarse a Pedro Fowler, quien resultó ser un crítico demoledor. En efecto, Fowler presentó una interpretación, de los mismos resultados, sustentada en una identificación más convencional: el rastro del supuesto monopolo bien pudo haberse producido por un núcleo de platino, que reaccionó para convertirse primero en osmio y al final en tantalio. De hecho, semejante posibilidad también fue señalada en California por Luis Álvarez. Ante los hechos, los anticipados descubridores tuvieron que regresar a su laboratorio para encontrar argumentos en contra de sus críticos y para diseñar quizá nuevos experimentos. Quién sabe si se llegue a descubrir el monopolo, pero Price y Osborne violaron una ley de oro de la ciencia: no achacar a un nuevo ente el efecto que puede ser causado por un bicho convencional; como en Conan Doyle, es menester eliminar primero a todos los posibles sospechosos.



LXXXVII. IZQUIERDISMO NATURAL

LA MATERIA de los seres vivos es en definitiva izquierdista, en cuanto puede polarizar la luz en el sentido levógiro. Esta propiedad de la materia viva natural se origina en la estructura de los aminoácidos que la forman, que actúa sobre la luz y le comunica el giro a la izquierda. Lo sorprendente es que, si los aminoácidos se sintetizan en el laboratorio, entonces no muestran ninguna preferencia por la izquierda. Esto indica que la tendencia predominante en el mundo natural hubo de haberse instaurado, hace muchos millones de años, entre las moléculas que dieron origen a los primeros seres vivos de los que descendieron —¿o ascendieron?— todos los demás.

Pero todo esto descansa en la distinción entre derecha e izquierda, y tal distinción, como bien saben los matemáticos, los físicos y los niños, es tan sutil que casi sólo puede establecerse por convención. En efecto, si nos pudiéramos en contacto con una persona de una civilización hasta ahora desconocida, pero sin posibilidad de verla o de intercambiar dibujitos con ella, nos costaría un trabajo horrible dilucidar si su "derecha" es la misma que la nuestra, o si coincide con nuestra izquierda. La primera manera de distinguir las claramente fue descubierta por Yang y Lee, allá por 1956, al estudiar la desintegración "beta" de los núcleos radiactivos. Este descubrimiento les valió a sus autores el premio Nobel de Física.

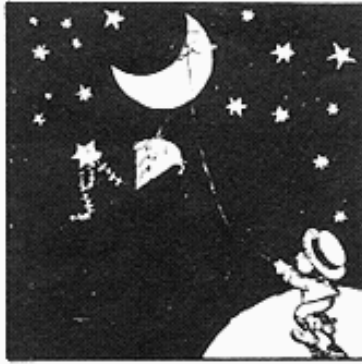
Desde el descubrimiento de Yang y Lee, varios investigadores han tratado de dilucidar si los rayos beta, que no son sino electrones emitidos por algunos núcleos atómicos, pueden inducir, en la síntesis o descomposición de las sustancias orgánicas, una preferencia por una polarización levógira de la luz. Según el doctor Ulbricht, quien le ha dedicado años a la cuestión, las pruebas parecen acumularse para indicar que los rayos beta son capaces de producir ese efecto, aunque permanece en el misterio el modo en que lo hacen.



LXXXVIII. ENERGÍA EÓLICA

Los molinos de viento, que inspiraron en don Quijote las fantasías de su realidad, inspiran hoy a quienes investigan cómo aprovechar la energía de los vientos. Originada en el Sol, que al calentar nuestra atmósfera produce corrientes convectivas, la energía eólica sólo ha podido usarse en pequeña escala. Esta limitación se debe a la lentitud de los vientos, que es común excepto en los tornados, los huracanes y demás meteoros que son hoy indomables.

Entre los diseños novedoso de "molinos de viento" es notable el de Jaime Yen, investigador de la Compañía Aeroespacial Grumman, quien concibió algo así como un "tornado de bolsillo". Al aprovechar un fenómeno ya conocido por Jacobo Bernoulli hace 250 años, Yen hace entrar el viento por las paredes ranuradas de una torre vertical, para formar en el interior un torbellino que se acelera al girar hacia el centro de la torre. Lo que Bernoulli descubrió fue que al fluir un gas, la presión disminuye al aumentar su velocidad, tal como en una autopista el tráfico se hace más pesado cuanto más lento sea. Por ello es que en el centro de la torre de Yen se reduce en mucho la presión, y entonces se absorbe aire por la parte inferior. Esta corriente de aire es la que podría utilizarse para mover una turbina o un generador, que según los cálculos generaría un megawatt en una torre de 60 metros de altura y 20 de diámetro.



Indice |



CONTRAPORTADA

El entramado de notas, artículos científicos y ensayos que compone el libro *Cosas de la Ciencia* fue naciendo, dicen sus autores, de la convicción esencial de que es posible hablar de la ciencia y de sus creadores, como de cualquier otra actividad humana, en un lenguaje llano y ameno y desde la perspectiva cultural de nuestro país —condición esta última *sine qua non* de todo libro científico que se escriba en México—. Esta aserción viene del hecho de que la ciencia es excesivamente compleja pero no se manifiesta exclusivamente en sus descubrimientos y teorías, sino también en las aspiraciones, los celos y los errores de los científicos, seres humanos al fin y al cabo. En esta vena, y sin detrimento de la calidad del material que nos ofrece, *Cosas de la ciencia* trata, por decirlo en forma amplia pues su temática es muy diversa, de los hechos y personajes de la ciencia contemporánea, sin excluir ninguno de sus campos. Aquella, por otra parte, ha venido creciendo de manera que prácticamente no queda ya campo alguno de la vida humana que no alcance, para bien y para mal: podemos ver simultáneamente un programa de televisión, generado en otro continente, a través de un satélite de comunicaciones y también ser agredidos por las partículas y desechos contaminantes de las fábricas en curiosa simbiosis entre lo positivo y lo negativo. El doctor Fernando del Río obtuvo el título de físico en la UNAM y se doctoró en la Universidad de California en Berkeley. Actualmente es profesor y jefe del Departamento de Física de la UAM Iztapalapa. También es vicepresidente de la Academia de la Investigación Científica. Ha escrito numerosos artículos científicos en publicaciones nacionales y extranjeras y es coautor del libro *Conceptos de la física*. Sus únicas pasiones "son mi familia, mis amigos, mi patria, la física y los libros (en ese orden)". León Máximo, por su parte, dedica el tiempo que le dejan libre sus negocios a escribir y pintar y la afición que tiene por la ciencia lo llevó a trabajar de redactor y reportero de temas científicos en las revistas *Tiempo y Naturaleza*. Asimismo, ha impartido cursos de redacción de temas técnicos.

Indice |

