



CAPÍTULO 4

LA CIENCIA Y LA CRÍTICA¹

Como antiguo miembro del Alpbach Forum me complace mucho ser invitado a las celebraciones de su trigésimo aniversario; pero acepté esta invitación después de vencer algunas dudas. Consideraba apenas posible decir algo de interés y comprensible sobre nuestro tema básico extremadamente amplio del «Desarrollo intelectual y científico de los últimos treinta años» en tan sólo treinta minutos. De hecho, si mis cálculos son correctos, esto me deja exactamente un minuto para cada año de desarrollo intelectual y científico. Por lo tanto no debo dilapidar el tiempo de que dispongo con disculpas, y comenzar ya sin más preámbulos.

I

Según pueden ver por el título que he elegido, «La ciencia y la crítica», pretendo echar por la borda más o menos la cuestión

¹ • Conferencia ofrecida en la conmemoración del 30º aniversario del llamado «Alpbach European Forum», en agosto de 1974. Alpbach es una pequeña aldea situada en lo alto de las montañas del Tirol, donde desde 1946 se celebra una Escuela de Verano.

78 En busca de un mundo mejor

del desarrollo intelectual y abordar ante todo el desarrollo de la ciencia. La razón es, simplemente, que no pienso mucho en el desarrollo intelectual o cultural de los últimos treinta años.

Soy, por supuesto, un lego en este campo, pues no soy filósofo de la cultura. Pero me parece que, a pesar de todos los intentos por crear algo nuevo, el desarrollo intelectual de los últimos treinta años puede resumirse con el título de la novela de Remarque, «Sin novedad en el frente occidental». Además, temo que tampoco «haya novedad en el frente oriental» -a menos que se considere un desarrollo intelectual el tránsito de la India de Mahatma Gandhi a la bomba atómica.

Esta creación, que llegó a la India procedente del Occidente, sustituyó la idea de la no violencia por la idea de violencia. Tristemente, esto no es nada nuevo para nosotros. Algunos de nuestros filósofos de la cultura occidentales, los profetas del infortunio y de la violencia, lo han predicado desde hace mucho tiempo, y con seguridad su teoría se está traduciendo ahora en acciones violentas.

Pero ¿no podemos comunicar algo mejor, algo más alentador, del ámbito del espíritu? Creo que sí. A menudo pienso complacido en que la música de los grandes maestros del pasado pueden oírlos hoy muchas más personas y, por tanto, mucha más gente llena de gratitud, esperanza y entusiasmo de lo que podía haberse soñado hace treinta años. Verdaderamente, de estas obras puede decirse que:

Las obras nobles incomprensibles
son tan magníficas como lo fueron en la Creación.

De hecho, me parece que día a día se vuelven cada vez más magníficas.

Una de las mejores cosas de nuestra época es que tantas personas tengan una apreciación fina de las grandes obras de arte del pasado, y esto se debe en parte -hay que reconocerlo- a la tecnología, es decir al tocadiscos, a la radio y a la televisión. Pero en este caso, esta tecnología está satisfaciendo genuinas necesidades intelectuales. Si no existiese este gran interés por las obras

del pasado, no podrían reproducirse y exhibirse con tanta frecuencia. La evolución en este campo es el desarrollo espiritual más importante, más revolucionario y más prometedor que he conocido en estos últimos treinta años.

Desearía ahora pasar a mis dos temas centrales: el desarrollo científico en los últimos treinta años y al tema nuclear de la conferencia, la ciencia y la crítica.

Si tengo que hablar hoy aquí del desarrollo científico, obviamente debo adoptar un enfoque muy selectivo. Mi criterio es sencillo: voy a examinar algunas de las realizaciones científicas que más me han interesado y que han tenido más influencia en mi concepción del mundo.

Por supuesto, mi selección está estrechamente vinculada con mis ideas sobre la ciencia y en especial con mis ideas sobre el criterio del status científico que he propuesto para las teorías. Este criterio es la criticabilidad, la crítica racional. En las ciencias naturales, esto equivale a la criticabilidad por medio de pruebas empíricas o de refutación empírica.

Obviamente no tengo tiempo más que para una presentación muy breve de la criticabilidad.

Creo que lo común al arte, al mito, a la ciencia e incluso a la pseudociencia es que todos ellos pertenecen a algo como una etapa creadora que nos permite ver las cosas de una nueva manera, y que pretende explicar el mundo cotidiano por referencia a mundos ocultos. Estos mundos de la imaginación fueron un anatema para los positivistas. Esto explica por qué incluso Ernst Mach, el gran positivista vienes, se opuso a la teoría atómica. Pero la teoría atómica sobrevivió, y la totalidad de nuestra física, no sólo de la física de la estructura de la materia y del átomo, sino también la física de los campos eléctricos y magnéticos y de los campos gravitatorios, es una destrucción de mundos hipotéticos, que suponemos están ocultos más allá del mundo de nuestra experiencia.

Estos mundos hipotéticos son, como en el arte, productos de nuestra imaginación, de nuestra intuición. Pero en la ciencia están controlados *por la crítica*: la crítica científica, la crítica racional, está guiada por la idea reguladora de verdad. Nunca podemos justificar nuestras teorías científicas, pues nunca podemos conocer si no resultarán ser falsas. Pero podemos someterlas a examen crítico: la crítica racional sustituye a la justificación. La crítica limita la imaginación, pero no la encadena.

Así, la *ciencia* se caracteriza por la crítica racional que está guiada por la idea de verdad, mientras que la imaginación es común a toda actividad creadora, ya sea en el arte, el mito o la ciencia. Por ello voy a limitarme en lo que sigue a las realizaciones en las que se evidencian particularmente estos dos elementos, la imaginación y la crítica racional.

III

Voy a comenzar con una observación acerca de la matemática.

Cuando era estudiante, estuve muy influido por el eminente matemático vienes Hans Hahn, quien por su parte estaba influido por la gran obra de Whitehead y Russell, *Principia mathematica*. El excitante mensaje ideológico de esta obra era que la matemática podía reducirse a lógica o, más exactamente, que la matemática puede deducirse lógicamente de la lógica. Comenzamos con algo que es indudablemente lógico; entonces avanzamos estrictamente por deducción lógica, y al hacerlo obtenemos algo que es indudablemente matemática.

Parecía que éste no era sólo un proyecto osado. En los *Principia mathematica* parecía realizarse este programa de investigación. Los *Principia* comenzaban con la lógica de la deducción, el cálculo proposicional y el cálculo de funciones limitado. A partir de éste se deducía el cálculo de clases, sin afirmar que existan las clases. A continuación se deducía la teoría de conjuntos abstracta, que había sido creada por Georg Cantor en el siglo xix. Además, los *Principia* hacían mucho por probar la tesis, rara vez dis-

cutida incluso hoy, de que el cálculo diferencial e integral pueden concebirse como parte de la teoría de conjuntos.

Pero los *Principia* de Whitehead y Russell no tardaron en ser objeto de una severa crítica, y hace aproximadamente cuarenta años la situación era más o menos la siguiente. Podían distinguirse tres escuelas de pensamiento. En primer lugar, estaba la escuela denominada logicismo que mantenía que la matemática podía reducirse a la lógica, dirigida por Bertrand Russell y, en Viena, por Hans Hahn y Rudolf Carnap. En segundo lugar, estaba la escuela de axiomática, posteriormente conocida también como formalista, que no deducía la teoría de conjuntos de la lógica, sino que deseaba presentarla como un sistema formal de axiomas, similar a la geometría euclídea; entre los defensores de esta concepción estaban Hilbert, Zermelo, Fraenkel, Bernays, Ackermann, Gentzen y Von Neumann. La tercera escuela era la de los llamados intuicionistas, a la cual pertenecían Poincaré, Brouwer y posteriormente Hermann Weyl y Heyting.

Era una situación extremadamente interesante, pero al principio parecía desesperada. Surgió una enemistad de tintes fuertemente personales entre los dos matemáticos mayores y más productivos implicados en el debate, Hilbert y Brouwer. Muchos matemáticos no sólo consideraban estéril la disputa por los fundamentos de la matemática, sino que además rechazaban el proyecto básico en su totalidad.

A continuación, hace cuarenta años, el matemático austríaco Kurt Gödel terció en el debate. Gödel había estudiado en Viena, donde tenía un fuerte apoyo el logicismo, pero donde también se tomaban muy en serio los otros dos movimientos. El primer resultado de importancia de Gödel, una prueba de completitud del cálculo de funciones limitado, se basaba en problemas formulados por Hilbert y probablemente podía deberse al formalismo. Su segundo resultado fue su brillante prueba que demostraba la incompletitud de los *Principia mathematica* y de la teoría de los números. Las tres escuelas de pensamiento enfrentadas intentaron avalarse por este resultado.

Pero de hecho éste no era más que el comienzo del final; es decir, el final de estas tres escuelas de pensamiento. En mi opi-

nión también anunció el comienzo de una nueva filosofía de la matemática. Las cosas están actualmente en situación cambiante, pero quizá puedan resumirse de este modo:

La teoría reductiva de Russell, es decir, la teoría de que la matemática puede reducirse a la lógica, ha de rechazarse. La matemática no puede reducirse completamente a la lógica; de hecho, incluso ha conducido a un considerable refinamiento de la lógica y, puede decirse, a una corrección crítica de la lógica: a una corrección crítica de nuestra intuición lógica y a la idea crítica de que nuestra intuición lógica no es del todo fiable. Por otra parte, también ha mostrado que la intuición es muy importante y susceptible de desarrollo. La mayoría de las ideas creadoras surgieron por intuición; y las que no, son el resultado de la refutación crítica de ideas intuitivas.

No parece existir *un* sistema de principios fundamentales de la matemática, sino diferentes métodos de concebir la matemática o diferentes ramas de la matemática. Digo «concebir» y no «demostrar», pues no parece haber una prueba última o salvaguardia definitiva de sus principios fundamentales. Además, podemos probar la consistencia de nuestra concepción sólo en el caso de sistemas débiles. Y sabemos por Tarski que las ramas importantes de la matemática son *fundamentalmente* incompletas, es decir, que estos sistemas pueden fortalecerse, pero nunca en la medida de que podamos probar en ellos todos los enunciados verdaderos y relevantes. La mayoría de las teorías matemáticas son, como las teorías de la física o la biología, hipotético-deductivas: por ello la matemática pura resulta estar mucho más cerca de las ciencias naturales cuyas hipótesis son conjeturas de lo que parecía hasta hace poco.

Gödel y Cohen también consiguieron aportar pruebas de que la denominada *hipótesis del continuo* no puede ni refutarse ni probarse con los métodos de la teoría de conjuntos empleados hasta entonces. Esta hipótesis famosa, que esperaban probar un día Cantor y Hilbert, resultó ser independiente de la teoría corriente. Por supuesto es posible fortalecer tanto la teoría (utilizando supuestos adicionales) que la hipótesis resulte demostrable; pero igualmente es posible fortalecerla de tal modo que pueda refutarse la hipótesis.

Llegamos ahora a un ejemplo interesante que ilustra cómo la matemática puede corregir nuestras intuiciones lógicas no corregidas, ingenuas o «naturales».² El alemán, el inglés, el griego y muchas otras lenguas europeas testimonian que, según nuestra intuición lógica natural, el término «innegable» y quizás aún más obviamente el término «irrefutable» tienen la misma fuerza de significación que «irrefutablemente verdadero» o «bastante definitivamente verdadero». Si además *se prueba* realmente la irrefutabilidad de un enunciado (como en la prueba de Gödel de la irrefutabilidad de la hipótesis del continuo), entonces, según nuestra intuición lógica natural, el propio enunciado resulta ser verdadero, al haberse probado que no es refutable.

Este argumento se corrige y revela ser ingenuo por el hecho de que Gödel, quien probó la irrefutabilidad de la hipótesis del continuo, también sospechó al mismo tiempo que esta proposición irrefutable era además no susceptible de prueba: que por ello no podía ni refutarse ni probarse en este sistema y que era independiente.³ Su sospecha pronto resultó confirmada por Paul Cohen.⁴

Los pioneros estudios de Gödel, Tarski y Cohen que he mencionado aquí brevemente se refieren todos a la teoría de conjuntos, a la magnífica teoría de Cantor del *infinito real*. A su vez, esta teoría estuvo inspirada principalmente por el problema de crear un fundamento del análisis, es decir, del cálculo diferencial e integral que, particularmente en su forma original, utilizaba el concepto de lo infinitesimal. Este concepto de lo infinitesimal ya había sido considerado por Leibniz y por otros teóricos de lo potencialmente infinito simplemente como un concepto útil pero problemático; fue expresamente rechazado como incorrecto por el gran Cantor, por sus discípulos e incluso por sus críticos: la infinitud real se limitaba a lo infinitamente grande. Por ello es ex-

2. Esta idea fue subrayada por vez primera por Brouwer. Véase L.E.J. Brouwer, *Tijdschrift, Wijsbegeerte*, 2, 1908, págs. 152-158.

3. Véase Kurt Gödel, *Am. Math. Monthly*, 54, 1947, págs. 515-525.

4. Paul J. Cohen, *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.*, 50, 1963, págs. 1143-1148 y 51, 1964, págs. 105-110.

tremadamente interesante que en 1961 entrase en escena un «segundo Cantor» (este término fue utilizado por A. Fraenkel),⁵ quien realizó una teoría rigurosa de lo infinitesimal real, que en 1966 extendió con gran detalle.⁶ Tristemente, el creador de esta teoría, Abraham Robinson, murió en fecha reciente en Norteamérica.

Por supuesto, mis observaciones sobre los desarrollos recientes en lógica matemática y en matemática no son más que un esbozo. Pero he intentado apuntar a algunos de los logros más interesantes en este campo infinitamente amplio del infinito; se trata de logros basados totalmente en el tratamiento crítico del problema. Gödel, Tarski y Robinson, en particular, son críticos. La obra de Gödel es una crítica de todas las escuelas de pensamiento dominantes hace cuarenta años; del logicismo, el formalismo y el intuicionismo. Y su obra también constituye una crítica del positivismo, que tenía una amplia representación en el Círculo de Viena del cual formó parte Gödel. Y la crítica de Gödel se basó en su intuición matemática, en la imaginación matemática que en realidad le guió, pero que nunca utilizó como autoridad: siempre tenía que atenerse al examen mediante el uso del método racional y crítico-discursivo. ;>.<••

IV

A continuación voy a hablar durante unos minutos acerca de cosmología, que puede considerarse la ciencia filosóficamente más importante de todas.

La cosmología ha registrado un desarrollo increíble en los últimos treinta años. Aun antes, el sistema solar, que Newton aún denominaba el Sistema del Mundo, se había convertido en un fenómeno local. La primera cosmología moderna, la teoría de los

sistemas de estrellas y los sistemas de Vías Lácteas formulados por Kant,⁷ se había desarrollado entre las dos guerras mundiales bajo influencia de las teorías de Einstein y los nuevos métodos de Hubble para estimar las distancias estelares; y la teoría de Hubble del universo en expansión parecía estar probada. Los resultados de la radio-astronomía, surgida en Inglaterra y Australia después de la II Guerra Mundial, parecían encajar bien en este marco. Una teoría (en mi opinión, muy buena y prometedora) del universo en expansión, que fue formulada por Bondi, Gold y Hoyle, resultó ser incluso contrastable utilizando los métodos de la radio-astronomía; parece haber sido refutada en favor de la teoría (más antigua) de la expansión por big-bang. Pero la Constante de Hubble se redujo a la décima parte, y la expansión de la vía láctea más grande se multiplicó por 150. La radio-astronomía también puso en cuestión muchos otros resultados; parecemos estar casi tan desamparados en el campo de la cosmología frente a algunos de estos resultados completamente revolucionarios como lo estamos en política cuando nos enfrentamos a la tarea de establecer la paz. Parecen existir objetos de tipo estelar de una masa y densidad hasta ahora desconocidas, y nuestras ideas anteriores de Vías Lácteas dispersándose pacíficamente en todas las direcciones quizá puedan verse superadas por una teoría de catástrofes raras pero que se repiten constantemente.

En cualquier caso, la radio-astronomía representa, frente a todo lo que era de esperar, un episodio muy excitante y revolucionario de la historia de la cosmología. La revolución es comparable a la revolución iniciada por el telescopio de Galileo.

Aquí puede estar justificado un comentario general. A menudo se afirma que la historia de los *descubrimientos* científicos depende sólo (o principalmente) de los *inventos* puramente técnicos de nuevos instrumentos. Por el contrario, yo creo que la historia de la ciencia es sustancialmente una historia de ideas. Las

5. A.A. Fraenkel, *Einleitung in die Mengenlehre*, 3ª ed., Springer, Berlín, 1928.

6. A. Robinson, *Proc. Royal Dutch Academy*, ser. A. 64, 1961, págs. 432-440; *Non-standard analysis*, Amsterdam, 1966.

^ - I- Kant, *Historia general de la naturaleza y teoría del cielo*, Buenos Aires Utares ed.), 1969; véase también H.J. Treder, en *Die Sterne*, 50, vol. II, pág. 67, nota 4: «Kant es el único fundador de "la teoría de los sistemas estelares"».

86 En busca de un mundo mejor

lentes de aumento ya existían desde mucho antes de que Galileo tuviese la idea de utilizarlas en un telescopio astronómico.

La radio-astronomía tuvo un similar retraso. Las ondas de radio fueron descubiertas por Heinrich Hertz en 1888. Pero a pesar del descubrimiento de los llamados rayos cósmicos por Victor Hess en 1912, que pudieron haber sido un incentivo para indagar una nueva radiación a partir de los objetos estelares, la radio-astronomía tardó aún otros veinte años en abrirse paso, y comenzó la invención de los instrumentos que necesitaba. La explicación probable del retraso es que ningún astrónomo pensó en utilizar ondas de radio. Por supuesto, tan pronto como surgió la idea, condujo (tras cierta lucha por su supervivencia) a un desarrollo nuevo y revolucionario. Y fue la idea nueva la que sugirió la construcción de instrumentos nuevos; algo como enormes órganos sensoriales artificiales.

V

La cosmología ha sido, en cualquier caso desde la época de Newton, una rama de la física, y Kant, Mach, Einstein, Eddington y otros investigadores siguieron considerándola como tal. Einstein, Eddington, Erwin Schrödinger y Wolfgang Pauli (quien, al igual que Schrödinger, nació en Viena), en particular, realizaron observaciones interesantes sobre la vinculación entre la estructura material y atómica por un lado y la cosmología por otro.⁸ Esto fue hace cuarenta años, y desde entonces estas ideas se han abandonado más o menos, aunque algunos grandes físicos, en especial Einstein, Dirac, Heisenberg y Cornelius Lanczos, siguieron trabajando en la unificación de la teoría física.

Sin embargo, las hipótesis de Pauli acerca del enlace entre los campos de neutrinos y la gravitación se han vuelto a desarrollar en fecha muy reciente, en razón de los resultados experimentales inesperados acerca de la aparente carencia de un flujo de neutri-

nos solar. Hans-Jürgen Treder, el cosmólogo y físico de Postdam, intentó obtener este resultado experimental negativo a partir de su versión de la teoría de la relatividad general de Einstein, utilizando una hipótesis sugerida por Pauli en 1934. Es de esperar que esto pueda haber desencadenado una nueva etapa de intentos por crear un vínculo más estrecho entre la teoría de la materia y la cosmología. En cualquier caso, hay que señalar que este nuevo intento puede remontarse a una expectativa que se refutó experimentalmente.

VI

Vuelvo ahora al ejemplo quizá más importante de desarrollo científico de los últimos treinta años, el desarrollo de la biología. No sólo estoy pensando en el hito singular de la genética gracias a la teoría de James Watson y Francis Crick que dio lugar a un aluvión de resultados nuevos de carácter sumamente importante e informador. También tengo en mente el crecimiento de la etología, de la psicología animal; el inicio de una psicología del desarrollo de orientación biológica y la nueva interpretación del darwinismo.

¿Cuál fue el gran hito de Watson y Crick? La idea de gen es relativamente antigua: se encuentra implícita en la obra de Gregor Mendel. Pero fue puesta en cuestión durante más tiempo que la teoría de la combustión de Lavoisier. Watson y Crick formularon no sólo una teoría de la estructura química de los genes, sino también una teoría de la duplicación química del gen, e incluso una teoría del efecto sobre el organismo del patrón codificado en los genes. Pero por si esto no fuera poco, o más que suficiente, también descubrieron el alfabeto del lenguaje en el que está escrito este patrón: el alfabeto del código genético.

Que yo sepa, la hipótesis de que existe algo semejante a un código genético fue difundida en primer lugar por Erwin Schrödinger, cuya memoria está tan íntimamente asociada con nuestro Alpbach. Schrödinger escribió que «son estos cromosomas, o Probablemente sólo una fibra esquelética axial de lo que real-

8. Véase Wolfgang Pauli, *Physik und Erkenntnistheorie* («Física y epistemología»), 1961, y también W. Pauli y N. Fierz, *Helv. Phys. Acta*, 15, 1989, pág. 297.

mente vemos bajo el microscopio como cromosoma, lo que contiene codificado de alguna forma todo el patrón del desarrollo futuro del individuo y de su funcionamiento en la madurez».⁹

Esta hipótesis de Schrödinger se desarrolló y probó de forma inédita en los últimos treinta años, y se descifró el código genético molecular.

A resultas de la teoría de Watson y Crick, este milagro científico se convirtió en realidad el último año de la vida de Schrödinger, y poco después de su muerte se descifró por completo este código. Hoy conocemos el alfabeto, el vocabulario, la sintaxis y la semántica (es decir la ciencia del significado) del lenguaje postulado por Schrödinger. Sabemos que cada gen constituye una instrucción de construir un enzima particular, y podemos elaborar la fórmula estructural química precisa (lineal) del enzima en cuestión a partir de la instrucción que está escrita en el código genético. También conocemos las funciones de muchos enzimas. Sin embargo, aunque podemos elaborar a partir de la fórmula codificada de un gen la fórmula química del enzima correspondiente, aún no podemos determinar la función biológica del enzima a partir de su fórmula: aquí está el límite de nuestro conocimiento del significado del código genético.

Por último deseo mencionar otro concepto biológico importante y afortunado, también ligado a la obra de Schrödinger, aunque Schrödinger no fue ni el primero ni el último en trabajar sobre él.¹⁰ Éste es un aspecto de la teoría darwiniana que Lloyd Morgan, Baldwin y otros han descrito como «selección orgánica». Schrödinger habló de una selección darwiniana, lo que parece lamarckismo.

A primera vista, las ideas de Darwin (frente a las de Lamarck) parecen otorgar un escaso significado para la evolución a la con-

9. E. Schrödinger, *What is Ufe?*, I^a ed., Cambridge, 1944, pág. 20.

10. Schrödinger (*Mind and Matter*, 1958, pág. 20) atribuye la idea de evolución orgánica a Julián Huxley; sin embargo, la idea es mucho más antigua, como ha mostrado en particular Alister Hardy; véase su libro *The living stream*, 1965, por ejemplo, las págs. 178 sigs. Véase también el libro *Objective knowledge*, Oxford University Press, Oxford, 1972, 7^a ed. de 1992, cap. 7 (hay traducción española de Carlos Solís para Tecnos, Madrid 1974).

ducta de las plantas y animales individuales; por ejemplo, a la preferencia que un animal individual pueda mostrar por una nueva especie de alimento o por un nuevo método de caza. La idea nueva de la teoría de la selección orgánica es que estas formas de conducta individual pueden influir en la evolución del *filum* por medio de la selección natural. La idea es sencilla: cada nueva modalidad de comportamiento puede considerarse la selección de un nicho ecológico nuevo. Por ejemplo, la preferencia de un alimento nuevo o del anidamiento en un tipo particular de árbol significa, aun cuando el animal no migre, que ha pasado a un nuevo entorno. Pero al adoptar este nuevo entorno, este nuevo nicho ecológico, el animal se expone a sí mismo y a sus descendientes a una nueva influencia ambiental y por tanto a una nueva presión selectiva. Y es entonces cuando esta nueva presión selectiva guía el desarrollo genético y produce la adaptación al nuevo entorno. Esta teoría sencilla y convincente es de hecho antigua -según muestra Alister Hardy, es anterior a Darwin e incluso a Lamarck-,¹¹ pero durante los últimos treinta años se ha vuelto a descubrir, siendo desarrollada y contrastada experimentalmente, por ejemplo, por Waddington. Esta teoría demuestra, mucho más claramente que Lamarck, que la conducta, como el deseo de explorar, la curiosidad de un animal, y los gustos y aversiones de un animal, puede ejercer una influencia decisiva en el desarrollo filogenético de los genes.

Así pues, cada novedad conductual de un organismo individual tiene consecuencias filogenéticas creadoras y a menudo revolucionarias. Esto muestra que la iniciativa individual desempeña un papel activo en el desarrollo darwiniano. Esta observación invalida la impresión desesperada y deprimente que ha rodeado al darwinismo desde hace tanto tiempo, cuando parecía que la actividad del organismo individual no podía desempeñar ningún papel en el mecanismo de la selección.

11. Sir Alister Hardy cita (*op. cit.*) un manuscrito no publicado de James "Utton, el gran geólogo escocés, que contiene esta versión del darwinismo: «fue escrito once años antes de nacer Charles Darwin y doce años antes de que Lamarck publicase sus ideas evolutivas».

Señoras y señores, sólo me queda añadir que no podemos sacar conclusión alguna sobre el futuro de la ciencia a partir de los asombrosos resultados de nuestro pasado más reciente. Creo que las enormes organizaciones nuevas de investigación científica constituyen un serio peligro para la ciencia. Los grandes científicos fueron individuos críticos. Esto puede decirse por supuesto con respecto a Schrodinger y Gódel e incluso con respecto a Watson y Crick.

El espíritu de la ciencia ha cambiado a consecuencia de la investigación organizada. Esperemos que, a pesar de esto, siempre haya grandes individualidades.