

¿Cuál es el auténtico valor de la ciencia?

CARLOS ULISES MOULINES

Wir müssen wissen, wir werden wissen
(Tenemos que saber, y sabremos)
Epitafio sobre la tumba de David Hilbert

§1. Introducción

EN NUESTRA ÉPOCA ESTÁ MUY DIVULGADA LA OPINIÓN (al menos en los ámbitos aún no subyugados por el fanatismo religioso o por el esnobismo postmodernista) de que el espíritu científico es un componente importante de la cultura humana que merece ser valorado positivamente. Sin embargo, al mismo tiempo, esta valoración positiva suele ser subsidiaria con respecto a la valoración asimismo positiva de la tecnología; es decir, se valora positivamente la investigación científica siempre y cuando, y en la medida en que, ella tenga implicaciones fructíferas para los desarrollos técnicos. Se trata de lo que podemos denominar «la valoración tecnologista» de la ciencia, o «tecnologismo» para abreviar. Considero que esta valoración, tan extendida hoy en día, proviene de un grave error de apreciación al desconocer la naturaleza genuina de la ciencia, tanto desde un punto de vista histórico, como epistemológico, un error que puede conducir, y de hecho está conduciendo desde hace algunas décadas, a un debilitamiento del espíritu científico y a un empobrecimiento de la cultura en general.

§2. Precisiones terminológicas y conceptuales

Antes de pasar a desarrollar mi argumentación, conviene establecer algunas precisiones terminológicas y conceptuales para aclarar el panorama. Para empezar, entiendo por «ciencia» el conjunto de las disciplinas científicas representadas en las Universidades y otras instituciones de investigación avanzada de muchos países, y que, tomando en cuenta el contenido concreto de la ciencia académica en la actualidad, podemos clasificar en los siguientes grupos: «ciencias formales» (lógica y matemáticas), «ciencias naturales» (ciencias físico-químicas, ciencias de la Tierra, ciencias de la vida, psicología individual), «ciencias sociales» (psicología social, economía, sociología,

C. U. Moulines (✉)
Universidad de Múnich, Alemania
e-mail: moulines@lrz.uni-muenchen.de

Disputatio. Philosophical Research Bulletin
Vol. 10, No. 17, Jun. 2021, pp. 51-76
ISSN: 2254-0601 | [SP] | **ARTÍCULO**

etnología, lingüística, filología, ciencias históricas), y «ciencias interdisciplinarias» (en especial, la informática, ciertas partes de la filosofía, como la filosofía de la ciencia y la filosofía del lenguaje, y las ciencias cognitivas). Desde un punto de vista histórico, algunas de estas disciplinas se consolidaron ya en la época helenística (a partir del siglo IV a. C.), sobre todo las matemáticas, la astronomía y algunas porciones elementales de la física y la fisiología; sin embargo, el gran boom del espíritu científico no se dio sino hasta el siglo XVII, primero en Europa Occidental, para luego desarrollarse y expandirse por casi todo el planeta hasta mediados del siglo XX, cuando empezó un periodo de aletargamiento, sobre el que volveré más adelante.

El otro término que conviene aclarar de entrada es el de «tecnología». Es frecuente que se equiparen los términos «técnica» y «tecnología», pero conviene distinguirlos netamente. «Técnica» viene del griego «*tekhné*», el arte (aprendido y transmitido de generación en generación) de saber hacer cosas o de saber manipularlas; para los griegos, la *tekhné* no tenía nada que ver, ni positiva ni negativamente, con la «*epistéme*», que corresponde aproximadamente a nuestro término «ciencia». En este sentido, técnica la ha habido desde que el *Homo Sapiens* apareció sobre la Tierra; en realidad, ya desde antes, desde una época muy anterior, la del *Homo Habilis* (que por algo es denominado así). Ahora bien, fue sólo a partir del Neolítico que hubo una avalancha de innovaciones técnicas sumamente importantes para la Humanidad: desde la rueda hasta la imprenta, pasando por los sistemas de irrigación, la construcción de grandes edificios, los veleros, la azada, la pólvora, y tantas otras más. Nada de todo eso tuvo que ver con la ciencia. Ni siquiera en el caso de la máquina de vapor, el más revolucionario de los inventos de la modernidad, que a veces se aduce como ejemplo de los beneficios de la ciencia para la técnica: en efecto, la rama de la ciencia que da cuenta adecuadamente del funcionamiento de la máquina de vapor es la termodinámica; ahora bien, James Watt inventó el modelo definitivo de dicha máquina alrededor de 1775, o sea, tres cuartos de siglo *antes* de la consolidación de la termodinámica como disciplina científica (principalmente gracias a los trabajos teóricos de Hermann von Helmholtz, Lord Kelvin y Rudolf Clausius).

Así, pues, los grandes desarrollos técnicos que tuvieron lugar durante varios milenios antes de los primeros conatos de ciencia genuina en la época helenística, e incluso un par de milenios *después* de dicha época, no tuvieron nada que ver con el espíritu científico. Es cierto que a veces se aduce el ejemplo de Arquímedes, en el siglo III a. C., como el de alguien que fue a la vez un genio científico (el más grande de la Antigüedad) y un asombroso inventor de máquinas; pero éste es un ejemplo único en la Antigüedad, y además consta

que el propio Arquímedes menospreciaba sus logros técnicos y deseaba que lo recordaran exclusivamente por sus aportaciones a la *epistème*, concretamente a las matemáticas y a la física (cf. Plutarco, 1962: 542).

§3. La Revolución Científica y el advenimiento de la tecnología

Constatamos, pues, que la técnica, en un sentido genuino, no tiene nada que ver históricamente con el espíritu científico. En cambio, quien ciertamente tiene mucho que ver con la ciencia, es la *tecnología*. Por ello conviene distinguir netamente entre técnica y tecnología: la tecnología es una forma muy especial de técnica que presupone ciertos conocimientos científicos. ¿Cuándo y cómo surge históricamente la tecnología? Es frecuente suponer que ello tuvo lugar en Europa Occidental con el renacimiento del espíritu genuinamente científico. Este renacimiento ocurrió después del profundo letargo de más de mil años causado a la civilización grecorromana por los golpes combinados del dogmatismo cristiano y de la barbarie de las tribus germánicas, golpes de los que Europa se fue reponiendo sólo muy paulatinamente. A ese renacimiento, que tuvo lugar en el siglo XVII (y que no hay que confundir con el Renacimiento artístico y literario que había florecido más de un siglo antes), se le suele denominar «la Revolución Científica». Se suele suponer que dicha revolución fue de la mano de adelantos tecnológicos (en el sentido que acabo de definir), y para afianzar esa interpretación histórica se suele aducir la autoridad de Francis Bacon, quien con su *Novum Organum* de 1620 y el famoso lema que se le atribuye, «*scientia est potentia*», habría sido el promotor de la alianza entre el nuevo espíritu científico y el tecnológico.¹ Cabe hacer notar, sin embargo, que Bacon no era un científico, y menos aún un técnico. Era un político y un literato que menospreciaba profundamente la ciencia de la Antigüedad, y que quería hacerse notar como el heraldo de una nueva era científica. Tuvo sin duda el mérito de haber popularizado la importancia del método experimental en las ciencias (aunque él mismo no realizó ningún experimento digno de mención); pero, en cambio, no entendió en absoluto el papel decisivo que tienen las matemáticas en las ciencias empíricas, ni se percató del significado revolucionario de los descubrimientos de sus

¹ En realidad, la popular frase «*scientia est potentia*» (que, en mejor latín, rezaría «*scientia potentia est*»), frecuentemente atribuida a Bacon, no aparece en ninguno de sus escritos; no obstante, la que sí aparece literalmente es una frase de sentido muy parecido: «*ipse Scientia Potestas est*», o sea, «ciencia y poder humano coinciden» (cf. Bacon, 1949: 72). Ahora bien, dado que el sentido de ambas frases es prácticamente el mismo, y dada la popularidad de la primera, aquí me permitiré conservarla, aunque ello implique una leve distorsión histórica.

contemporáneos genuinamente científicos, como Kepler y Galileo.² Más que el promotor del nuevo espíritu científico, Bacon fue el remoto precursor del actual tecnologismo, como lo prueba fuera de toda duda su afirmación apodíctica: «la meta verdadera y legítima de las ciencias no es otra que la de dotar a la vida humana de nuevos inventos y recursos» (Bacon, *op. cit.*: 122).

Si Bacon no fue, pues, el campeón de la Revolución Científica, y ni siquiera un auxiliar valioso, ¿quién o quiénes fueron sus protagonistas? Pues bien, fueron esencialmente aquellos hombres que Arthur Koestler denominó en su momento «los sonámbulos» (Koestler, 1981: *passim*), porque, sin percatarse de ello, caminaron firmemente por el sendero correcto para alcanzar la meta correcta. Los «sonámbulos» del siglo XVII, de los que Koestler trata explícitamente, son: Johannes Kepler, Galileo Galilei, René Descartes e Isaac Newton. A ellos podríamos añadir otros campeones del nuevo espíritu científico en el siglo XVII, no tan populares como los mencionados, pero muy decisivos también: William Harvey (para la fisiología humana), Robert Boyle (para la química) y Christiaan Huygens (para la óptica y la mecánica). ¿Fue acaso alguno de ellos, además de científico, un tecnólogo? Sólo a uno de ellos, a Huygens, se le puede calificar *cum grano salis* como tal, pues inventó el reloj de péndulo; pero lo que a él mismo más le interesaba no era la medición del tiempo, sino el desarrollo de la teoría ondulatoria de la luz, así como el análisis de ciertas cuestiones mecánicas, especialmente las relacionadas con las fuerzas centrífugas y con las leyes del choque; nada de todo eso le indujo a inventar ninguna máquina. De todos los demás «sonámbulos» de la Revolución Científica del siglo XVII, no hay ni uno cuyo nombre esté asociado a un invento técnico. Ni siquiera Galileo, a quien algunos textos de divulgación científica aún hoy en día atribuyen la invención del telescopio: no, Galileo *no* inventó el telescopio; lo que hizo fue *utilizar* el telescopio que alguien (no se sabe a ciencia cierta quien, probablemente un artesano flamenco) había inventado pocos años antes; además, Galileo utilizó ese invento no para mejorar la condición humana, como hubiera querido Bacon, sino para enfocarlo a la Luna y a las estrellas, y descubrir así que la superficie de la Luna es comparable a la de la Tierra (con sus montañas y valles) y que hay un número de estrellas muy superior a lo que hasta entonces se había supuesto — es decir, Galileo hizo una contribución esencial al aumento del conocimiento humano, no a la mejora del bienestar material de la gente...

Entonces, si no fue en el siglo de la Revolución Científica que se aparearon

² Para una exposición sucinta, pero pertinente, del auténtico carácter de la obra de Bacon, véase Störig, 2016: 286–292.

ciencia y técnica, ¿fue acaso en el siglo siguiente, el XVIII? La respuesta es igualmente negativa. Ya hemos visto que el mayor invento del siglo XVIII, la máquina de vapor, no tuvo nada que ver con ninguna teoría científica ni coetánea ni anterior. Algo parecido puede decirse de la invención del termómetro en la primera mitad del siglo XVIII por Gabriel Fahrenheit, mejorada algo después por René Réaumur y Anders Celsius: aunque estos inventores tenían una cierta formación científica, su invento no le debe nada a ninguna teoría científica; nuevamente, la disciplina científica que da cuenta del (buen) funcionamiento de un termómetro es la termodinámica — desarrollada más de un siglo después del invento de ese aparato. En realidad, el termómetro no le debe nada a la ciencia, sino que es al revés: es el desarrollo científico ulterior lo que le debe mucho al termómetro. Y, por otro lado, de los grandes científicos del siglo XVIII, los Bernoulli, Euler, Lavoisier, Coulomb, Linneo, Buffon, ..., de ninguno puede decirse que hiciera una contribución significativa a la técnica de su tiempo. Sólo Benjamin Franklin (quien, por lo demás, no era un gran científico) contribuyó a la tecnología inventando el pararrayos, pero aparte de que se trató de un invento más bien casual, la propia *teoría* de la electricidad de Franklin, la llamada «teoría de los dos fluidos», resultó pronto ser enteramente falsa.

Lo mismo vale, *mutatis mutandis*, para el periodo histórico que va desde la Revolución Francesa hasta mediados del siglo XIX — un periodo caracterizado por profundos cambios políticos, sociales y culturales, pero en el que ciencia y técnica siguieron marchando por caminos separados. ¿Qué le debe el ferrocarril a las teorías científicas contemporáneas o anteriores? Nada. ¿Y el buque de vapor? Nada. ¿Y la curación de la viruela? Nada. ¿Y qué máquina inventaron o qué enfermedad curaron los grandes científicos de esa época — los Cauchy, Laplace, Dalton, Fourier, Carnot, Joule, Clausius, Helmholtz, Darwin, ...? Ninguna. Sólo puede decirse del gran matemático Karl-Friedrich Gauss, quien a ratos perdidos se dedicaba a la física experimental, en particular al estudio de los fenómenos eléctricos, que hizo, en colaboración con su asistente Wilhelm Weber, una tímida y efímera invención técnica: una forma primitiva de telégrafo, que funcionó entre dos puntos de la ciudad de Gotinga; sin embargo, a este invento el propio Gauss no le dio mayor importancia y pronto se desinteresó por él.³ En realidad, el telégrafo tal y como se implementó en el siglo XIX y como lo conocemos hoy se lo debemos a Samuel

³ Para una exposición histórica sucinta del invento de Gauss y Weber, véase Störig, *op. cit.*: 559. Una descripción en forma novelada y humorística, aunque pertinente, de ese episodio en la carrera de Gauss se encontrará en Kehlmann, 2007: 181–182, donde se alude al escaso interés que mostró Gauss por su propio invento.

Morse, quien no era un científico, sino un escultor.

Es solamente a partir de la segunda mitad del siglo XIX que comienzan a perfilarse los conatos de un uso sistemático de las teorías científicas para ciertos desarrollos técnicos. Por esas posibilidades empiezan a interesarse entonces algunos empresarios y políticos, quienes ven en la ciencia (al menos en ciertas áreas de la física, la química y la fisiología) una posible fuente (indirecta) de beneficios contantes y sonantes. Es así como empieza a forjarse la alianza de científicos, ingenieros, médicos, empresarios e incluso algunos políticos clarividentes — y el resultado de esa confluencia heterogénea es lo que genuinamente podemos denominar «tecnología». Quizás el primer ejemplo, o al menos el más notorio e influyente, de este nuevo espíritu de alianza entre científicos, ingenieros y políticos fue el despliegue del telégrafo submarino entre la Gran Bretaña y los Estados Unidos en 1866 gracias a la asesoría científica de Lord Kelvin, quien ya gozaba de renombre por sus contribuciones a un área muy distinta de la tecnología, los fundamentos de la termodinámica. Al influjo de Kelvin se debió, por lo demás, que la Universidad de Cambridge estableciera en el curso de los años 1870 el Laboratorio Cavendish, con el propósito explícito de coaligar científicos, ingenieros, empresarios y funcionarios para la promoción de la ciencia aplicada como valor económico.⁴

Así es como, habiéndose sentado, en la segunda mitad del siglo XIX, las primeras bases exitosas de la coalición entre científicos y técnicos (en un sentido amplio del término «técnicos», que abarca todo tipo de ingenieros y médicos), es entonces efectivamente el siglo XX el que resultará ser el primer gran siglo de la tecnología. Sería ridículo pretender dar aquí una lista de todos los inventos realizados a lo largo del siglo XX que fueron inspirados por alguna u otra teoría científica. Como botón de muestra baste recordar solamente algunos de los que han transformado más profundamente la vida cotidiana de los seres humanos: desde la radio hasta los computadores, pasando por la televisión, los antibióticos y las centrales nucleares. Ninguno de estos inventos habría podido ser concebido sin la base de una o varias sólidas teorías científicas previas. Esto es lo que significa la tecnología, y esto es lo que es característico del siglo XX (y, estirando mucho hacia el pasado, de la segunda mitad del siglo XIX), *pero de ninguna época anterior*.

§4. La ciencia es fundamentalmente indiferente a la tecnología

Ahora bien, incluso concentrándonos en el desarrollo de la ciencia desde

⁴ Para más detalles sobre este episodio, véase Ball, 2019: 29.

mediados del siglo XIX hasta la actualidad, podemos constatar la existencia de una serie de disciplinas, indudablemente científicas, que llegaron a resultados extraordinarios, pero que tienen poco o nada que ver con inventos técnicos coetáneos o posteriores. Un caso notorio es, evidentemente, el de las ciencias formales — lógica y matemáticas —, las cuales desde mediados del siglo XIX tuvieron un auge incomparablemente superior a cualquier desarrollo anterior desde los griegos, pero completamente ajeno a cualquier aplicación tecnológica; para dar un solo ejemplo: una de las aportaciones más profundas a la lógica y las matemáticas del siglo XX fueron los teoremas de completitud de la lógica de primer orden y de incompletitud de la aritmética, que Kurt Gödel demostró en 1930/31;⁵ estos teoremas hasta ahora, noventa años después, siguen mostrando ser completamente irrelevantes para cualquier aplicación tecnológica.⁶ Lo mismo vale para otra disciplina situada en el extremo opuesto del abanico de las ciencias, muy alejada de las matemáticas pero igualmente independiente de la tecnología: la filología. Por ejemplo, para la demostración de que todas las lenguas que suelen clasificarse como «indoeuropeas» poseen un origen común en un lenguaje primigenio, el «proto-indoeuropeo» (una lengua ya perdida, pero que indudablemente existió), los filólogos de la segunda mitad del siglo XIX y principios del XX (especialmente Franz Bopp y August Schleicher) que obtuvieron este resultado después de largos y admirables esfuerzos, no promovieron con ello ninguna aplicación técnica de su descubrimiento, y es difícil imaginar a qué nueva tecnología podría conducir la identificación del proto-indoeuropeo.

En el caso de aquellas disciplinas científicas de las cuales tradicionalmente se afirma, o simplemente se presupone, que están estrechamente vinculadas con la tecnología, como se suele suponer de las ciencias naturales, nos encontraremos con tantas excepciones que ni siquiera podríamos decir que

⁵ En exposiciones de divulgación científica suele hablarse de «el teorema de incompletitud de Gödel», en singular; sin embargo, en realidad, Gödel demostró en el segundo de sus famosos artículos dos teoremas distintos respecto a la aritmética: uno establece que pueden construirse ciertas fórmulas aritméticas tales que ni ellas ni su negación son deducibles de los axiomas de la aritmética; el otro establece que es imposible demostrar la consistencia, es decir, la falta de contradicción, de la aritmética y las demás teorías matemáticas superiores. Una buena exposición de los teoremas de Gödel para un lector no especializado se encontrará en Mosterín, 2000: 225–243.

⁶ Ciertamente, pocos años después de que Gödel publicara sus resultados, se dieron otros desarrollos de la lógica y los fundamentos de las matemáticas que utilizaron métodos emparentados con los de Gödel, y que acabarían por llevar a una implementación tecnológica: el caso más notorio es, sin duda, el de las máquinas de Turing. No estoy negando, pues, que algunas aportaciones de la lógica matemática hayan podido tener a la larga un impacto tecnológico; pero esto justamente no ha sido el caso de los teoremas de Gödel.

confirman la regla. Una de las teorías de la biología mejor consolidadas y que ha marcado profundamente la autoimagen de la Humanidad, es sin lugar a dudas la teoría de la evolución de Charles Darwin; pues bien, ¿cuál es la máquina o el instrumento que se ha construido gracias a esta teoría? La pregunta es obviamente ridícula por estar totalmente fuera de lugar. Sólo en el campo de la medicina preventiva referida a microorganismos patógenos parece que algunas consideraciones evolutivas pueden ser relevantes para ciertas terapias, pero son estudios bastante marginales, y, en cualquier caso, para la gran mayoría de los médicos en ejercicio, en cuanto *médicos* (es decir, "técnicos" de la curación de enfermos), la teoría de la evolución les es completamente indiferente.

Incluso en la física, una disciplina en la cual mucha gente piensa cuando se habla de los beneficios que la ciencia aporta a la técnica, nos enfrentamos a más de un buen ejemplo de irrelevancia o de muy escasa relevancia de la ciencia para los desarrollos tecnológicos. Las dos teorías físicas más fundamentales y mejor confirmadas de la historia de la Humanidad son la teoría general de la relatividad de Albert Einstein y lo que suele denominarse «el modelo estándar de la física de partículas», desarrollado en los años 1960 principalmente por Murray Gell-Mann, Sheldon Glashow, Steven Weinberg y Abdus Salam.⁷ Pues bien, con respecto a la relatividad generalizada, cabe hacer notar que Einstein formuló su teoría en 1915, y muy pronto (en 1919) habría de ser brillantemente confirmada y celebrada por la comunidad científica como un enorme adelanto; ahora bien, tan sólo 80 años después se constataría que dicha teoría puede tener cierta relevancia tecnológica, aunque muy secundaria por cierto, al contribuir a diseñar los sistemas GPS de localización vía satélite. Y por lo que respecta al modelo estándar de la física de partículas (el «MEFP»), 60 años después de su concepción todavía esperamos que alguien nos diga cuál es su implicación tecnológica. En este punto conviene hacer la siguiente observación para evitar malentendidos: el MEFP es el heredero de la física cuántica «clásica» (cuyos fundamentos se asentaron en los años 1920–1930), la cual sí ha tenido implicaciones tecnológicas importantes; probablemente la más notable es el láser (en sus diversas versiones). Pero notemos que el láser fue inventado bastantes años *antes* de las primeras formulaciones del MEFP. Por

⁷ El término «modelo» es aquí, en realidad, inapropiado porque sugiere que se trata de una construcción teórica provisional, algo que será pronto superado por una auténtica teoría bien confirmada (y así lo imaginaron al principio sus propios conceptuadores). En realidad, el «modelo» estándar es hoy en día una teoría física perfectamente consolidada y muy fructífera; ahora bien, como por tradición a esa teoría se la sigue denominando «modelo», conservaré aquí dicha denominación, aunque sea inadecuada.

otro lado, es frecuente hoy en día hablar de los computadores cuánticos como de prometedoras aplicaciones de la física cuántica; ahora bien, aparte de que su realización tecnológica genuina (comercializable) sigue estando desde hace un buen rato en el nivel de *promesa*,⁸ tales artefactos, en caso de que se implementaran y se comercializaran algún día, representarían una aplicación tecnológica de la mecánica cuántica clásica y no del MEFP en cuanto tal. Repito: esta última teoría, la más fundamental y la más general para el estudio del mundo subatómico, no ha tenido por sí misma hasta ahora (más de medio siglo después de su formulación definitiva) ninguna implicación tecnológica. Esta circunstancia, por supuesto, no le quita ni un ápice a su enorme valor epistémico.

En otros casos, podemos señalar sin duda desarrollos tecnológicos muy importantes basados en investigaciones de ciencia pura, pero de tal modo que esas investigaciones se realizaron con entera independencia de cualquier objetivo de aplicación técnica mucho antes de que se revelaran sus posibilidades tecnológicas; es el caso del descubrimiento y estudio de la radioactividad a fines del siglo XIX y principios del XX por parte de Henri Becquerel, y los esposos Marie y Pierre Curie: tan sólo varias décadas después de sus descubrimientos científicos resultó que la radioactividad podía ser tecnológicamente relevante (ya fuera para la construcción de armas nucleares o para la curación del cáncer), después de que Otto Hahn y Fritz Strassmann descubrieran la fisión nuclear del uranio a finales de la década de 1930, es decir, 40 años después; esta implicación tecnológica (indirecta) del descubrimiento de la radioactividad es obviamente algo que ni a Becquerel ni al matrimonio Curie se les habría ocurrido jamás. En otros casos, se dan inventos técnicos que tienen una relación con aportaciones científicas precedentes pero que lo son solamente de un modo mucho más indirecto de lo que suele suponerse, y además muchas veces no con la teoría considerada como la más válida e importante en el dominio en cuestión. Por ejemplo, es cierto que a Thomas A. Edison no se le habría podido ocurrir, a finales del siglo XIX, fabricar una lámpara eléctrica incandescente si no hubiera tenido en cuenta la ley de Ohm establecida a principios del mismo siglo. Sin embargo, la teoría realmente fundamental en este campo, la electrodinámica de J. Clerk Maxwell, publicada unos cuantos años *antes* del invento de Edison, no le sirvió para nada a este inventor.

⁸ La realización práctica de los computadores cuánticos está frenada hasta ahora por dificultades técnicas enormes, como lo reconocen incluso algunos de sus más ardientes campeones – cf., por ejemplo, Filipp, 2021: 20–23.

Resumamos lo que nos manifiestan los ejemplos expuestos sobre la supuesta vinculación del progreso científico con el progreso tecnológico. En numerosas disciplinas reconocidamente científicas no existe prácticamente ninguna vinculación entre los dos ámbitos; en otras se dan ejemplos de una fuerte vinculación, pero también otros ejemplos (dentro de la misma disciplina) de falta de vinculación, o de vinculación poco significativa, o también de vinculación de un invento técnico útil con una teoría científica falsa (recuérdese el caso de Franklin). De todo ello se desprende que la función esencial de la ciencia, al menos como la forma cultural que la Humanidad conoce desde el periodo helenístico, o lo más tarde desde el siglo XVII, no estriba en ser ciencia aplicada a los desarrollos técnicos. La ciencia a veces se presta muy bien a ser aplicada tecnológicamente, otras veces se presta a ello sólo un poco, y otras no se presta a ello en absoluto. Pero en todo caso, aplicable o no, aplicable en mayor o menor medida, aplicable a la corta o a la larga, lo que constituye la misión principal de la ciencia, y por tanto su auténtico valor, no es el contribuir a desarrollos tecnológicos. Esto es, en el mejor de los casos, un efecto secundario de la ciencia, pero que en todo caso no debería afectar nuestra valoración de las teorías científicas que están en la base del desarrollo del conocimiento científico. La electrodinámica de Maxwell no es más valiosa que la teoría general de la relatividad porque la primera haya impulsado el invento de cosas tan importantes como la radio y la televisión, y la segunda sólo haya contribuido un poco a afinar los sistemas GPS de localización.

§5. El valor de la ciencia como conocimiento de la realidad — y sus adversarios

Así, pues, si no es la tecnología lo que puede dar sentido y valor al conocimiento científico, ¿de dónde proviene su valor esencial, si es que tiene alguno? En la tradición platónico–aristotélica se caracteriza la *epistéme*, el antecesor histórico de nuestra *scientia*, como el conocimiento razonado y bien fundamentado de la esencia del ser. Ciertamente, hoy en día emplearíamos un lenguaje menos metafísico, aunque inspirado en la tradición griega, y diríamos simplemente que la *epistéme* o *scientia* es lo que nos proporciona un conocimiento razonado y bien fundamentado de lo que realmente existe, o de lo que realmente es el caso. Pero prescindiendo de matices filológicos, la finalidad de nuestra ciencia es esencialmente la misma que la de la *epistéme* de los griegos; sólo los métodos han cambiado. Y ni siquiera han cambiado de manera drástica: al menos desde la época helenística, los griegos ya tenían claro

que las matemáticas y la observación sistemática son buenas herramientas para alcanzar conocimientos sólidos acerca de la realidad. Sólo les faltaba la idea de la experimentación controlada (con alguna notable excepción, como Arquímedes). Pero la experimentación tampoco es tan esencial para tener una comprensión cabal del espíritu científico, porque hoy en día sigue habiendo un gran número de disciplinas consideradas genuinamente científicas en las que la experimentación no ejerce ningún papel — desde las matemáticas hasta la lingüística pasando por la etología y la etnología. De hecho, nuestro concepto de la ciencia como la mejor vía para alcanzar conocimientos sólidos acerca de cómo es el mundo no es tan diferente del de Aristóteles. En el fondo es el mismo. O al menos lo ha sido hasta hace poco; porque en este punto debo reconocer que mi caracterización de lo que es esencial en el espíritu científico proviene de una concepción cada vez menos compartida por mucha gente influyente: por los responsables de la política científica de los Estados, por los periodistas, por quienes redactan informes para determinadas organizaciones filantrópicas, en fin, por la mayoría de personas que tienen alguna opinión sobre lo que es, o ha de ser, la ciencia. Para todas esas personas, la ciencia no es más que conocimiento aplicable técnicamente, y basta.

§6. La amenaza del tecnologismo

Esta concepción alternativa, anti-aristotélica, de la ciencia a la que me refiero no ha surgido de la nada, ni es completamente nueva. A su primer gran promotor ya me he referido anteriormente: Francis Bacon, a principios del siglo XVII. Ya he dicho que Bacon no era un científico, y ni siquiera tenía una buena comprensión de lo que significaba la revolución científica que se estaba fraguando en su época. Pero era un escritor brillante y un hábil panfletista, por lo que tuvo una notable influencia sobre los políticos, y sobre la *intelligentsia* de su época y la de las generaciones posteriores. Popularizó la idea de que «la ciencia es *poder*» — poder para controlar la Naturaleza y de paso, si se puede, también la sociedad. Ahora bien, en realidad, ninguno de los grandes protagonistas de la Revolución Científica se atuvo al lema baconiano: ni Kepler formuló sus leyes sobre las órbitas de los planetas para facilitar los viajes interplanetarios, ni Galileo enfocó su telescopio hacia la Luna para curar a los lunáticos, ni Descartes tradujo la geometría al álgebra para ayudar a los agrimensores, ni Huygens investigó los fenómenos ópticos para proveernos de anteojos a los miopes, ni Newton aplicó la ley de la gravitación a las mareas para evitar naufragios. A pesar de ello, el hecho histórico es que la retórica propagandística de los propios científicos a partir de la época de Bacon, la

retórica que emplearon y siguen empleando cada vez más cuando se dirigen o se dirigen a jefes de Estado, ministros, periodistas, organizaciones filantrópicas, empresarios, etc., ha sido desde entonces la que se resume en el dichoso lema «la ciencia es poder». Ello no tendría mayor importancia si se limitara a ser una jugada táctica simplemente para conseguir un poco de dinero a fin de llevar a cabo un programa de investigación, o para alcanzar cierto prestigio social entre las personas que rodean a los científicos y que no tienen ni idea de lo que ellos hacen. Sin embargo, el problema es que, a la larga, parece como si los propios científicos hubiesen internalizado, por así decir en su «subconsciente», la retórica baconiana. Y así es posible que a la larga ello modifique realmente la autoimagen de los científicos sobre lo que es esencial en su tarea. Si esta tendencia se consolida, el resultado final será que la ciencia se convertirá realmente en lo que hasta ahora nunca había sido, a saber, en tecnología. Y la ciencia como búsqueda de un conocimiento fundamental de la realidad, un conocimiento utilitariamente indiferente, desaparecerá del panorama de nuestra cultura.

§7. El estancamiento del genuino espíritu científico

Creo que hay un síntoma inequívoco de que la amenaza tecnologista aquí señalada está realmente cuajando en la actualidad. Se trata de lo que podríamos denominar «el proceso de estancamiento progresivo» de la ciencia en las últimas décadas. Quizás el lector juzgará que me estoy inventando el espectro de una catástrofe que no corresponde a la realidad. Al fin y al cabo, todo el mundo habla de los grandes progresos científicos del siglo XX. Y admito que, hasta cierto punto, esa frase corresponde a la realidad histórica. Después del siglo XVII, el otro *saeculum mirabilis* en la historia de la ciencia ha sido el siglo XX. Sin por ello minusvalorar las importantes aportaciones científicas de los siglos XVIII y XIX, es fácil constatar que en el siglo XX hubo una verdadera cascada de logros científicos extraordinariamente impactantes. Ahora bien, hecha esta concesión, hay que hacer notar que esa calificación vale sólo para la primera mitad del siglo XX o, estirando mucho, para los dos primeros tercios del siglo. Fijemos una fecha convencional para nuestro análisis: el año 1966. Y hagamos una simple comparación estadística entre las aportaciones realmente decisivas, fundamentales, al conocimiento humano que se hicieron antes de esa fecha y las que se hicieron después. Pues bien, los datos históricos no engañan — y son aplastantes. En todas las disciplinas podemos constatar el mismo esquema: los grandes descubrimientos y la formulación de nuevas teorías revolucionarias tuvieron lugar en los dos primeros tercios del siglo XX, no

después. Veámoslo a través de un recuento sucinto.

Empecemos por las ciencias formales: la lógica y las matemáticas. Si examinamos las aportaciones a los fundamentos de estas dos disciplinas que han sido realmente revolucionarias y han determinado decisivamente nuestra comprensión de lo que es esencial en ellas, todas sin excepción tuvieron lugar en los dos primeros tercios del siglo XX: Bertrand Russell descubrió la famosa paradoja que lleva su nombre en 1901; entre 1910 y 1913, el propio Russell, en colaboración con Alfred N. Whitehead, publicó los *Principia Mathematica*, la monumental exposición de la nueva lógica y su aplicación a la fundamentación de las matemáticas; entre principios de siglo y los años 1930, Ernst Zermelo, John von Neumann y otros autores axiomatizaron la teoría de conjuntos tal como la conocemos hoy en día; en los años 1920, David Hilbert y sus discípulos desarrollaron una nueva disciplina, la teoría de la prueba, que es de gran importancia para los fundamentos de las matemáticas; a principios de los años 1930, Gödel demostró sus famosos teoremas, a los que ya me he referido, probablemente la contribución más profunda a la comprensión de la naturaleza de la lógica y las matemáticas que se haya efectuado nunca; en 1940, el mismo Gödel demostró la consistencia (o sea, la compatibilidad) de la llamada «hipótesis del continuo» con respecto a los demás axiomas de la teoría de conjuntos;⁹ entre los años 1940 y 1950, el grupo autodenominado «N. Bourbaki» reconstruyó todas las matemáticas de una manera unificada a partir de la teoría de conjuntos; en los años 1950 se desarrolló la teoría de las categorías como alternativa general a la teoría de conjuntos; en 1963, Paul Cohen demostró que la hipótesis del continuo es independiente de los demás axiomas de la teoría de conjuntos;¹⁰ en las décadas de 1950 y 1960, Alexander Grothendieck, a quien muchos consideran el matemático más genial del siglo XX, publicó sus trabajos más revolucionarios sobre geometría algebraica y topología, que le valieron la Medalla Fields en 1966, nuestro "año bisagra"; es sintomático que, después de esa fecha, las contribuciones de Grothendieck fueran cada vez menos numerosas y menos significativas, y que pronto se

⁹ La hipótesis del continuo, como enunciado básico de la teoría de conjuntos, afirma que no existe ningún conjunto infinito cuya cardinalidad esté entre la cardinalidad del conjunto de los números enteros y la del conjunto de los números reales, es decir, un conjunto que sea «mayor» que el conjunto de los números enteros y «menor» que el conjunto de los números reales; esta hipótesis fue formulada por primera vez por Georg Cantor en 1878, y, en 1900, Hilbert la añadió a su famosa lista de los problemas más fundamentales de las matemáticas que estaban aún por resolver.

¹⁰ Ello implica el resultado sorprendente y contra-intuitivo de que podríamos construir coherentemente una teoría de conjuntos en la que hubiera un conjunto por así decir «intermedio» entre el conjunto de los números racionales y el de los reales.

retirara voluntariamente de la investigación. Y ahora preguntémosnos: ¿qué contribuciones fundamentales ha habido en matemáticas desde la década de 1970? Sin duda, se han obtenido resultados específicos interesantes, como ciertos desarrollos ulteriores en la teoría de categorías, o la prueba del teorema de Fermat; pero nada que, por su trascendencia, pueda compararse, ni de lejos, con las aportaciones antes mencionadas.

Consideremos ahora las ciencias físico-químicas. Aquí el contraste entre los dos primeros tercios del siglo XX y lo que ha ocurrido en el último tercio de ese siglo (y lo que va del XXI), es aun más flagrante, si cabe, que en el caso de las ciencias formales. Absolutamente todas las grandes teorías sobre el espacio, el tiempo y la materia que han revolucionado profundamente nuestra comprensión del Universo, fueron creadas y *confirmadas* en los dos primeros tercios del siglo. La teoría especial de la relatividad es de 1905; la de la relatividad generalizada fue formulada en 1915 y confirmada en 1919 por el equipo de Arthur Eddington mediante cuidadosas observaciones astronómicas; en astrofísica, la hipótesis del *big bang*, como corolario de la relatividad generalizada, fue formulada por primera vez por Georges E. Lemaître en los años 1920 y confirmada empíricamente por Edwin Hubble en 1929.

Pasemos ahora a otra rama completamente distinta de la física, la física cuántica: la primera versión de la mecánica cuántica se la debemos a Max Planck en 1900, y las versiones definitivas de la misma, a saber, la mecánica de matrices de Werner Heisenberg y la mecánica ondulatoria de Erwin Schrödinger, fueron construidas, independiente y simultáneamente, a finales de los años 1920; a mediados de los años 1930, P. A. M. Dirac estableció las bases de la electrodinámica cuántica, que habría de permitir, poco después, unificar la mecánica cuántica y la teoría especial de la relatividad; el impropriadamente llamado «modelo estándar de la física de partículas» (MEFP), la teoría física más exitosa de la historia, fue construyéndose gradualmente a partir de 1956, cuando Gell-Mann introdujo la noción de interacción débil, un proceso que culminó con la síntesis de los tres grandes tipos de interacciones (la electromagnética, la débil y la fuerte), justamente lo que desde entonces se denomina el «MEFP» y que debemos en lo esencial a los trabajos de Weinberg y Salam publicados en 1967 (sólo un año después del límite convencional que nos hemos fijado).¹¹

Vale la pena llamar la atención en este punto sobre el hecho de que, después de la unificación de las tres interacciones mencionadas dentro del

¹¹ Para una exposición más detallada de las diferentes etapas en el proceso histórico que condujo a la construcción del MEFP, véase Moulines, 2016: 954-956.

marco del MEPP, la mayoría de los físicos pensaron que podría darse rápidamente un paso más al unificar estas tres interacciones básicas con la más antigua conocida, es decir, la gravitación, que es tratada por otra teoría de naturaleza ontológica y metodológicamente muy diferente del MEPP, a saber, la teoría general de la relatividad. La expectativa de los físicos durante el último tercio del siglo XX fue la de que se iba a encontrar una manera de unificar ambas teorías, ya fuera mostrando que la teoría general de la relatividad podría ser "reducida" a una versión ligeramente modificada del MEPP, o bien, alternativamente, que un nuevo genio providencial o un grupo de genios sería capaz de formular una nueva "Gran Teoría" (la famosa "teoría de todo"), que abarcaría el MEPP y la teoría general de la relatividad como casos especiales — una nueva gran teoría capaz de ser confirmada empíricamente. Sin embargo, esta ardiente expectativa no se ha materializado a pesar de los esfuerzos invertidos en esta dirección desde hace décadas. De hecho, las teorías unificadoras que se han propuesto a partir de la década de 1970, como las diversas versiones de la llamada "teoría de las cuerdas" y la noción de "multiversos", por principio, no pueden ser contrastadas empíricamente: una fatalidad reconocida incluso por sus propios creadores. Parecería como si, durante este período, al menos algunos físicos matemáticos se hubieran transformado en metafísicos exaltados, usando ciertamente técnicas matemáticas rigurosas, pero permaneciendo metafísicos puros y duros, sin conexión con los hechos empíricamente comprobables. Esta alternativa ya no tiene nada que ver con la física como una ciencia empírica, al menos como la conocemos a partir de Arquímedes o del siglo XVII.

Siempre dentro de las ciencias físico-químicas, pero básicamente independiente de la física relativista y la cuántica, existe una rama que se ocupa de los procesos irreversibles, a saber, lo que suele llamarse la "termodinámica no-reversible", la cual se dedica esencialmente al estudio de los procesos químicos y bioquímicos. Ella se originó en la década de 1930 con las llamadas "relaciones de reciprocidad" propuestas por Lars Onsager, que más tarde fueron ampliadas y refinadas por las contribuciones de Ilya Prigogine en las décadas de 1940 y 1950. Ningún nuevo avance teórico importante en la termodinámica del no-equilibrio ha ocurrido después de los introducidos por las contribuciones pioneras de Prigogine y sus discípulos inmediatos.

Resumamos la situación reciente de la investigación en las ciencias físicas: nada fundamentalmente nuevo ha ocurrido en física y química en el último tercio del siglo XX y en lo que va del XXI. Ciertamente se han dado descubrimientos puntuales significativos, como la detección del bosón de Higgs en 2012, la cual confirmó definitivamente el MEPP, o bien las primeras

detecciones directas de agujeros negros entre 2016 y 2019, sobre todo gracias al equipo de Reinhard Genzel; pero nada de eso es comparable en amplitud, profundidad y carácter innovador con los desarrollos en la física y la química de los dos primeros tercios del siglo XX.¹²

En cuanto a las ciencias de la Tierra, el paradigma teórico fundamental sigue siendo la teoría de las placas tectónicas formulada en 1912 por Alfred Wegener, que fue reconocida como fiable poco después de la Segunda Guerra Mundial. No se ha registrado ningún nuevo desarrollo significativo en este campo después de la gran aportación de Wegener.

Pasemos ahora a considerar la evolución de las ciencias de la vida en los últimos 120 años para ver si ahí se da el mismo esquema diacrónico que en el caso de las matemáticas y la física. Sin entrar en detalles, baste recordar que la formulación correcta de la genética mendeliana y su confirmación empírica tuvieron lugar a lo largo de los primeros 20 años del siglo XX, de entrada con los trabajos de William Bateson y Hugo De Vries, entre otros, pero sobre todo con los resultados experimentales impresionantes de Thomas H. Morgan y su grupo alrededor de la Primera Guerra Mundial; la genética de poblaciones, que combina la perspectiva genética con la teoría de la evolución, nació en los años 1930 para culminar alrededor de 1940 con lo que suele denominarse «la teoría sintética» de la biología, debida fundamentalmente a Theodor Dobzhansky, Ernst Mayr y George Simpson; la etología fue creada por Konrad Lorenz en los años 1930; James Watson y Francis Crick (basándose en los estudios empíricos previos de Rosalind Franklin) desarrollaron su famoso modelo de la doble hélice y asentaron así los fundamentos de la genética molecular en el curso de los años 1950. ¿Y qué otro u otros grandes enfoques de la biología se han creado desde entonces? Ninguno.

En psicología, el paradigma psicoanalítico floreció antes de la Primera Guerra Mundial y el conductista poco después de la misma. En cuanto a la psicología cognitiva, ella tiene sus raíces en el ensayo pionero de la teoría de las redes neuronales de Warren McCulloch y Walter Pitt, formulada en 1943, y enriquecida luego por los desarrollos en inteligencia artificial debidos a von Neumann y a otros a partir de fines de los años 1940. Hoy en día se habla mucho de las ciencias cognitivas como del nuevo gran paradigma científico; pero en realidad todos los elementos esenciales de las ciencias cognitivas estaban ahí ya antes de la fecha fatídica de 1966: simplemente fueron

¹² Respecto a los agujeros negros, recuérdese que su existencia ya había sido prevista, en base a la relatividad generalizada, por David Finkelstein en 1958: habría de pasar más de medio siglo para que su realidad fuera confirmada empíricamente fuera de toda duda.

ensamblados paulatinamente con posterioridad. A lo sumo puede hablarse de su confirmación y su afinación empírica gracias a las nuevas técnicas de la imaginería cerebral. En todo caso, no se trata de nada esencialmente nuevo. En un libro de reciente aparición, *The Idea of the Brain*, el neurobiólogo e historiador de la ciencia Matthew Cobb resume la situación en las ciencias cognitivas con una afirmación apodíctica (y deprimente): «Desde hace medio siglo, no se ha hecho ninguna innovación conceptual de importancia respecto a nuestra comprensión general del funcionamiento del cerebro».¹³

En cuanto a las ciencias sociales, me limitaré a hacer una observación general. Supongo que el lector está familiarizado con el esquema diacrónico metacientífico propuesto por Thomas S. Kuhn en *La estructura de las revoluciones científicas*, de 1962, para aprehender los elementos esenciales de la estructura del desarrollo de la ciencia a lo largo de la Historia. En ese ensayo, Kuhn argumenta que una disciplina queda bien establecida a partir del momento en que la investigación dentro de ella se rige por un solo *paradigma*, es decir, cuando existe un acuerdo dentro de la comunidad científica relevante con respecto a tres elementos, a saber: 1) cuáles son los conceptos y principios fundamentales, 2) qué métodos deben usarse para resolver los problemas específicos de la disciplina en cuestión, y 3) cuáles son los temas realmente importantes. Partiendo de este esquema, Kuhn argumentó poco después de la publicación de su famoso ensayo que las ciencias sociales todavía estaban, en el momento en que expuso su análisis, en una etapa "pre-paradigmática", ya que la situación en la que se encontraban dichas disciplinas en aquel momento no correspondía a un acuerdo entre sus representantes respecto a los tres elementos paradigmáticos mencionados. Sin embargo, cuando presentó esta evaluación en la década de 1960, Kuhn insinuó que esta situación pronto cambiaría, al menos en algunas disciplinas de las ciencias sociales, es decir, en aquellas que pronto alcanzarían la etapa paradigmática de madurez. Ahora bien, creo que si somos honestos, tanto si somos practicantes de alguna ciencia social, como si no lo somos, debemos admitir que la situación sigue siendo la misma casi sesenta años después de la predicción kuhniana. Hasta el día de hoy, la (cautelosa) predicción de Kuhn no ha quedado validada. Ciertamente, en algún momento pareció que, en lingüística, el modelo chomskiano de gramáticas generativo-transformacionales acabaría por prevalecer como paradigma de la lingüística. Pero en 2021 debemos admitir que no es así: hay muchos lingüistas en todo el mundo, lingüistas con una buena reputación científica, que ni siquiera quieren oír hablar de gramáticas generativo-

¹³ Reproducido en Ball, *op. cit.*: p. 31 (traducción del autor).

transformacionales.

También se considera a veces que la economía ha alcanzado el estatus de ciencia paradigmática en las últimas décadas. Sin embargo, esto es plausible sólo si tenemos en cuenta los desarrollos en microeconomía, y consideramos que el paradigma en su base es la teoría de las decisiones combinada con la teoría de juegos (teorías que, por cierto, ya estaban establecidas en la década de 1950); pero, por otro lado, si echamos un vistazo a la macroeconomía (que es en lo que suele pensar la gente cuando se habla de teorías económicas), debemos reconocer que desde hace décadas sigue existiendo una rivalidad despiadada entre al menos tres "paradigmas" o concepciones generales de la economía: el paradigma clásico–neoliberal promovido por Friedrich Hayék entre otros, el (neo–)keynesiano (representado actualmente, por ejemplo, por Stephanie Kelton) y el (neo)marxista (de Thomas Piketty, por ejemplo). En el caso de otras ciencias sociales (sociología, etnología, ciencias históricas, etc.) es aún más evidente que en la lingüística y la economía su distancia con respecto al punto de maduración. En esas disciplinas sin duda se llevan a cabo investigaciones empíricas detalladas, a menudo bien apoyadas en estadísticas sistemáticas, pero nada que se asemeje a la construcción de un gran esquema teórico aceptado por todos. En resumen, las perspectivas de progreso genuinamente científico en las ciencias sociales, es decir, de progreso basado en un paradigma universalmente reconocido para cada una de las disciplinas en cuestión, no sólo no son mejores que en la época de Kuhn, sino que hoy en día incluso parecen ser peores...

§8. El diagnóstico de John Horgan sobre el estancamiento de la ciencia

¿Es esta tendencia hacia un estancamiento progresivo del espíritu científico genuino un fenómeno pasajero, o bien tiene raíces históricas y sociales más profundas? A pesar de lo manifiesto que es el fenómeno en cuestión, sorprende constatar que son pocos los autores que lo han analizado en detalle. De hecho, sólo sé de un autor que lo haya hecho de una manera amplia y sistemática: el periodista científico e historiador de la ciencia John Horgan en su libro *The End of Science: Facing the Limits of Knowledge in the Twilight of the Scientific Age*.¹⁴ Su tesis básica es que la ciencia se está estancando en todas las áreas debido a un doble proceso interno, dos procesos, por así decir, inmanentes al desarrollo científico:

¹⁴ La primera edición de este libro es de 1996; la segunda, ampliamente revisada y completada, es de 2015.

por un lado, en ciertas áreas, como la física de partículas o la biología molecular, se han descubierto ya las leyes fundamentales definitivas y no es plausible suponer que haya otras leyes aún más fundamentales, que supuestamente estarían detrás (o debajo) de las ya descubiertas; dicho de otra manera, las teorías fundamentales en esas disciplinas ya están perfectamente consolidadas y confirmadas *ad vitam aeternam*, y por lo tanto ya sólo quedan por resolver cuestiones de detalle. Pero, por otro lado, bajo una perspectiva más global, parecería que el desarrollo científico en todas las áreas ha chocado ya, o está chocando, con límites insuperables para el conocimiento humano, límites inherentes, por así decir, a las capacidades cognitivas de los seres humanos. Según Horgan, a partir de cierta fase del desarrollo inherente a la ciencia, la complejidad de los fenómenos abordados resulta ser de un grado tan elevado, que escapa a las posibilidades intelectuales humanas. En resumen, la doble tesis de Horgan es la siguiente: o bien la ciencia ha llegado a formular leyes y teorías tan fundamentales que no es imaginable algo más fundamental, o bien, cuando ello no es el caso, es porque la ciencia ha chocado irremediabilmente con sus límites intelectuales inherentes.

Comparto con Horgan su detección de los síntomas de estancamiento científico en las últimas décadas, y el haber sido el primero en detectarlos clara y sistemáticamente es un mérito que no quiero minusvalorar en absoluto. Pero en lo que no concuerdo con él es en su etiología del fenómeno. No creo que sea una evolución inherente (e insuperable) del espíritu científico lo que ha conducido a ese estancamiento. La principal razón de mi desacuerdo con Horgan es una constatación, por así decir, metahistórica: es altamente inverosímil que *todas* las disciplinas científicas hayan desembocado en un callejón sin salida al mismo tiempo, a saber, en las últimas décadas del siglo XX. ¿Por qué milagro metahistórico y metacientífico una serie de disciplinas que no tienen nada o muy poco que ver entre sí, desde las matemáticas hasta la etología, pasando por la física, la química, la geología y la biología han topado con sus propios límites al mismo tiempo, cuando sus periodos de desarrollo respectivo son obviamente muy dispares? Recordemos los datos cronológicos: la matemática como disciplina científica existe y se ha desarrollado desde el siglo VI a. C. (o sea, durante veinticinco siglos); la astronomía científica, desde el siglo IV a. C. (o sea, durante veintitrés siglos); la física, desde el siglo III a. C. (o sea, durante veintidós siglos), la química, desde principios del siglo XVII (o sea, durante cuatro siglos), la biología desde mediados del siglo XVIII (o sea, durante casi tres siglos); la psicología (científica) desde fines del siglo XIX (o sea, durante poco más de un siglo)... . No es en absoluto plausible suponer que todas esas disciplinas, tan distintas entre sí tanto por su contenido como por la

duración de su devenir histórico, hayan sufrido al mismo tiempo una implosión inmanente a su desarrollo, al topar con el mismo muro simultáneamente. Dicho de otra manera, no es en absoluto plausible que un mismo factor interno, y por así decir «universal», haya frenado simultáneamente el decurso de todas las disciplinas científicas.

Señalemos, dicho sea de paso, que no es la primera vez en la historia de las ideas que los representantes de una disciplina en particular tienen la impresión, de que, o bien todas las cuestiones fundamentales ya se han resuelto en ella, o bien la disciplina en cuestión se enfrenta a los límites inherentes al conocimiento científico. En cuanto a la primera impresión, el ejemplo más notorio es el estado de ánimo de muchos físicos del último tercio del siglo XIX, quienes creían que, en física, todas las leyes fundamentales ya habían sido descubiertas, y que sólo quedaban pequeños problemas de detalle por resolver.¹⁵ Por otro lado, más o menos al mismo tiempo, la creencia de que se habían alcanzado los límites insuperables del conocimiento científico estaba de moda entre muchos intelectuales y científicos europeos, primero en los países de habla alemana y luego de manera aún más pronunciada en Francia. En este sentido, recordemos al gran fisiólogo suizo Emil Du Bois-Reymond, quien, refiriéndose en una conferencia a las cuestiones básicas sobre la esencia de la materia, la vida y la conciencia, formuló la famosa frase: "*Ignoramus et ignorabimus*" ("Ignoramos e ignoraremos" — cf. Du Bois-Reymond, 1872: 464). En las últimas décadas del siglo XIX, algunos intelectuales franceses, científicos o filósofos, fueron más allá y popularizaron el lema de la "bancarrota de la ciencia".¹⁶ Hoy en día ya casi nadie recuerda todo esto (ya sea la suposición de que no había nada interesante en la física por descubrir, o que la ciencia en general había quebrado), porque unos años más tarde, a principios del siglo XX, las personas con una mínima formación intelectual fueron testigos de desarrollos muy impactantes en las ciencias puras, como el florecimiento de la lógica matemática, la consolidación de la teoría de conjuntos, la concepción y confirmación de las teorías de la relatividad y de la física cuántica, así como los grandes desarrollos de la genética y la teoría sintética en biología. Ante esta constatación histórica, podemos preguntarnos si el pesimismo actual de Horgan

¹⁵ En este sentido, es bien conocida la anécdota, relatada por Max Planck en su autobiografía, respecto a que, cuando era joven, su profesor de física, Philipp von Jolly, quiso disuadirlo vehementemente de que se dedicara a la física, ya que, según él, en esta disciplina todos los problemas esenciales ya estaban resueltos (véase también Störig, 2016: 700–701). La ironía de la historia es que, algún tiempo después, sería el propio Planck quien, con su teoría de los quanta, refutaría de la manera más flagrante imaginable la opinión desalentadora (y terriblemente equivocada) de su antiguo maestro...

¹⁶ Este avatar histórico aparece bien descrito en Otero, 2011, especialmente en las páginas 81–82.

con respecto al desarrollo inherente a la ciencia no es el resultado de la misma miopía que la del maestro de Planck, Philipp von Jolly, o la de Du Bois-Reymond y los "bancarrotistas" franceses de 1890.

§9. Hacia una explicación externalista del estancamiento de la ciencia

La explicación horganiana del proceso de estancamiento científico, una explicación que apela a factores inherentes a las propias disciplinas científicas, y que representa por lo tanto una explicación *internalista* del estancamiento detectado, no es pues verosímil. Por mi parte, creo que hay que indagar cuáles pueden ser los factores *externos* (sociales) que pueden explicar de manera más plausible las causas de dicho proceso. Poco antes de la Segunda Guerra Mundial, el gran fisiólogo y genetista J. B. S. Haldane había barruntado que algo nuevo estaba configurándose en la percepción pública de la ciencia que podía tener consecuencias negativas a la larga. He aquí sus inquietudes premonitorias:

«Creo que es bastante posible que, a medida que los ideales de la ciencia pura se vuelven cada vez más remotos con respecto a los ideales del público en general, la ciencia tenderá a degenerar cada vez más convirtiéndose en una tecnología médica e ingenieril, de manera similar a como el arte puede degenerar en mera ilustración y la religión en mero ritual cuando pierden su resplandor vital» (Haldane, 1937: 133, traducción del autor).

Hay autores que a veces parecen disponer de una «antena mágica» para prever desarrollos socioculturales en un futuro más o menos lejano — y Haldane es uno de ellos. Su premonición de lo que *podía* ocurrirle a la ciencia pura en el futuro me parece más adecuada que el diagnóstico presentado por Horgan (sesenta años después) de lo que le *está ocurriendo* en los últimos tiempos.

Por mi parte, siguiendo las huellas premonitorias de Haldane, y separándome del diagnóstico de Horgan, abogo por una doble explicación *externalista* del fenómeno de estancamiento de la ciencia — una explicación que apela a dos factores lógicamente independientes entre sí, pero que en la praxis de la ciencia y su entorno social se refuerzan mutuamente: por un lado, el tecnologismo al que ya me he referido antes; por otro lado, lo que puede denominarse *el espíritu competitivo* en la praxis científica. El primer factor ya lo he comentado abundantemente. Pasaré ahora a describir el segundo. Se trata de lo siguiente: en vez de considerar la ciencia al modo clásico como una empresa de colaboración entre científicos para alcanzar la verdad, o al menos,

aproximarse a ella, el espíritu competitivo considera que el progreso científico depende de una competencia feroz entre científicos, ya sea individualmente considerados, o bien en pequeños grupos — competencia por conseguir prestigio y/o financiación de parte del Estado, de organizaciones filantrópicas o de las grandes empresas. Y los baremos para alcanzar el apetecido prestigio o la apetecida financiación son esencialmente dos, que no tienen por sí mismos nada que ver con la persecución de la verdad o del conocimiento objetivo de la Naturaleza: 1) el número de publicaciones por año del científico o grupo de científicos en cuestión en revistas reconocidas internacionalmente en el gremio (casi siempre revistas publicadas en el mundo anglosajón), y 2) el número de veces que el autor en cuestión es citado por otros autores en dichas revistas reconocidas. Si el primer baremo tuvo ya cierta significación para el prestigio de los científicos en épocas pasadas, su importancia ha aumentado exponencialmente en las últimas décadas. Y el segundo baremo, al cual podemos denominar «citalógico», es característico del desarrollo de la investigación científica en la época actual, y está cobrando cada vez mayor importancia. La citalogía es una rama bien desarrollada de la actual sociología de la ciencia, destinada a asesorar las instancias estatales o empresariales que financian proyectos científicos.¹⁷ La citalogía como disciplina metacientífica fue configurándose ya desde los años 1970/80, pero fue sobre todo a partir de la divulgación de internet y de la llamada *web of science* que se convirtió en un instrumento ineludible para la valoración de las investigaciones de cualquier científico. En 2005, el físico Jorge Hirsch acuñó el llamado «índice *h*», destinado supuestamente a reflejar cuantitativa y objetivamente la productividad de cada científico, basándose en el número de sus publicaciones y en el registro de sus citas.¹⁸ Desde entonces, el índice *h* está siendo cada vez más utilizado para evaluar la trayectoria de los científicos. Es patente que, bajo tales circunstancias, cada investigador, en constante competencia con sus colegas de la misma área científica, estará sobre todo interesado en acrecentar

¹⁷ De la importancia de la citalogía para los estudios sobre la ciencia me percaté por primera vez en los años 1980, cuando yo era catedrático de Filosofía de la Ciencia en la Universidad de Bielefeld, Alemania. En efecto, mi cátedra estaba asociada formalmente al Departamento de Sociología de la Ciencia de dicha Universidad, el más importante de Alemania en esa época (y entiendo que sigue siéndolo), y en las reuniones con mis colegas sociólogos pude constatar la enorme importancia que acordaban a los análisis citalógicos, incluso matematizados a través de fórmulas más o menos complicadas, para transmitir luego sus recomendaciones a las instancias pertinentes del Ministerio de la Investigación Científica de la República Federal de Alemania.

¹⁸ Esencialmente, el índice *h* se calcula contando el número *n* de artículos publicados anualmente por un autor que hayan sido objeto de *n* o más citas por parte de otros autores de acuerdo con los datos registrados cada año en la *web of science*.

continuamente su índice *h*, si es posible por encima del índice *h* de sus colegas, a los cuales ya no puede ver como *cooperadores*, como lo presupone la visión tradicional de la ciencia, sino como peligrosos *competidores*; ello implica publicar rápidamente un gran número de artículos sobre temas consagrados, que sean reconocidos como tales por los *peer reviewers* pertinentes de revistas renombradas en la disciplina en cuestión. Y, por lo tanto, lo último que se le ocurrirá hoy en día a un joven científico que está tratando de consolidar su carrera, es dejar de publicar durante años para invertir toda su energía en investigar sobre un tema difícil y/o esotérico, que probablemente no dominen sus *peer reviewers* de las revistas especializadas, y con respecto al cual debe enfrentar el riesgo del fracaso. Bajo esta nueva visión de la profesión científica, ningún investigador puede darse el lujo, como lo hicieron Newton o Darwin en su tiempo, de dejar pasar una veintena de años antes de publicar sus resultados, cuando por fin estuvieron persuadidos de la solidez de los mismos. Como lo señalan los analistas David Chavalarias y Philippe Huneman en un reciente artículo, «el efecto perverso de la incitación a la carrera a la publicación conduce cuasi mecánicamente a una baja global de la calidad de la producción científica» (Chavalarias y Huneman, 2020: 4, traducción del autor).¹⁹

El espíritu competitivo es pues uno de los responsables empíricamente constatables del estancamiento actual de la investigación científica. Pero no es el único. El otro es el tecnologismo ya mencionado. Desde un punto de vista estrictamente lógico, ambos, el espíritu competitivo y el tecnologista, son independientes entre sí. Pero *de facto*, sociológicamente hablando, van de la mano. En efecto, está claro que la presión competitiva por conseguir financiación por parte del Estado, de organizaciones filantrópicas o de la industria, hará que un joven investigador que inicia su carrera académica en cierta área de investigación, tratará de «vender su producto» ante las instancias relevantes señalando las prometedoras perspectivas, directas o indirectas, que su investigación ha de aportar a la tecnología (instrumental o terapéutica). Su argumento seguirá siempre el esquema: «Señoras y señores de la instancia X o Y: aunque a primera vista quizás no sea patente, si ustedes financian mi investigación, ello a corto o a mediano plazo aportará grandes beneficios materiales a los ciudadanos en general (o a los accionistas de su empresa).»

Hasta hace pocas décadas, el lema «La ciencia por la ciencia», que es un derivado del lema «El conocimiento por el conocimiento», válido desde por lo

¹⁹ El análisis despiadado e inquietante ofrecido por estos dos autores va dirigido principalmente a los responsables de la política científica en Francia; pero es obvio que sus constataciones son de validez universal.

menos la Antigüedad clásica, era aceptado por cualquier persona mínimamente educada. Ello es cada vez menos el caso. Paradójicamente, dos lemas estructuralmente análogos, «El arte por el arte» y «El deporte por el deporte», mucho más recientes (siglos XIX y XX, respectivamente), gozan hoy en día de mucha mayor aceptación popular que el primero, que es mucho más antiguo. A este último se opone cada vez más explícitamente el espíritu tecnologista, aliado al espíritu competitivo en los centros de investigación científica. Podríamos decir que se trata de la revancha tardía de Francis Bacon. Me parece evidente que el interés casi exclusivo por la ciencia aplicable tecnológicamente por parte de la opinión pública en general, de los políticos, de los periodistas, así como por parte de una fracción creciente de los jóvenes que inician una carrera científica, no es ciertamente un factor que vaya a promover el espíritu científico tal como lo conocemos desde la Antigüedad, o al menos desde el siglo XVII; ese interés tecnologista *no* es un factor que permita superar el estancamiento actual de la ciencia; por el contrario, agudiza el fenómeno y debilita el principio de la ciencia por la ciencia. Éste es el gran peligro al que está enfrentado en la actualidad el genuino espíritu científico, y de ello deberían ser conscientes tanto los propios científicos, como todos los que creemos que la ciencia, incluso la ciencia tecnológicamente *inútil*, es una de las más grandes aportaciones a la civilización humana.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Dra. Adriana Valadés (Auxerre, Francia), así como a los profesores José A. Díez (Universidad de Barcelona), Giuseppe Longo (CNRS/ENS, París), y Carlos Sonnenschein (Tufts University, Boston) las observaciones hechas a una primera versión de este ensayo, que han contribuido a mejorarlo tanto por su forma como por su contenido. Por supuesto, soy el único responsable de las deficiencias que todavía pueda contener.

REFERENCIAS

- BACON, Francis (1949). *Novum Organon*. Traducción de R. Frondizi. Buenos Aires: Losada.
- BALL, Philip (2019). "Science must move with the times". *Nature* 575: pp. 29–31.
- CHAVALARIAS, David; HUNEMAN, Philippe. (2020). «Mirage de l'excellence et naufrage de la recherche publique». *AOC [Analyse Opinion Critique]*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03103192>.
- DU BOIS-REYMOND, Emil Heinrich (1872). *Über die Grenzen des Naturerkennens*. Leipzig: Verlag von Veit.
- FILIPP, Stefan (2021). «Quantencomputer – Können wir damit rechnen?». *Akademie Aktuell* 74: pp. 20–23.
- HALDANE, J. B. S. (1937). «The Place of Science in Western Civilization». En: *The Inequality of Man and Other Essays*. Londres: Pelican Books.
- HORGAN, John (1996/2015). *The End of Science: Facing the Limits of Knowledge in the Twilight of the Scientific Age*. 1ª edición, Reading: Addison-Wesley / 2ª edición revisada y aumentada, Nueva York: Perseus Books.
- KEHLMANN, Daniel (2007). *Die Vermessung der Welt*. Hamburgo: Rowohlt.
- KOESTLER, Arthur (1959). *The Sleepwalkers. A history of man's changing vision of the Universe*. Londres: Hutchinson.
- MOSTERÍN, Jesús (2000). *Los lógicos*. Madrid: Espasa-Calpe.
- MOULINES, Carlos Ulises (2016). «Las ciencias básicas en el siglo XX». Apéndice a Störig (2016), pp. 933–964.
- OTERO, Mario H. (2011). «Apuntes sobre la 'bancarrota' de la ciencia circa 1900». *Llull* 34, no. 73: pp. 81–100.
- PLANCK, Max (1958). «Aus der wissenschaftlichen Selbstbiographie». *Physikalische Blätter* 14, no. 4: pp. 145–152.
- PLUTARCO (1962). *Vidas paralelas*. Traducción de A. Ranz Romanillos. Barcelona: Vergara.
- STÖRIG, Hans Joachim (2016). *Historia Universal de la Ciencia*. Traducción de M. Abella Martínez. Madrid: Tecnos.



What is the authentic value of science?

Nowadays the opinion is widely held that science and technology are very closely linked to each other, and that the value of the first depends on the implications it may have for the second. This opinion represents a serious mistake, which ignores the genuine nature of science, both historically and epistemologically, a mistake that may lead to an impoverishment of the scientific spirit and of human culture in general. In this essay, I intend to analyze the sources of the mistake in question and contrast it with an appropriate perspective to understand what is, and what should continue to be, the true scientific spirit.

Keywords: Scientific Spirit · «Technologism» · Value.

¿Cuál es el auténtico valor de la ciencia?

Hoy en día está ampliamente difundida la opinión de que la ciencia y la tecnología están muy estrechamente vinculadas entre sí, y que el valor de la primera depende de las implicaciones que pueda tener para la segunda. Esta opinión representa un grave error, que ignora la naturaleza genuina de la ciencia, tanto histórica como epistemológicamente, un error que puede conducir a un empobrecimiento del espíritu científico y de la cultura humana en general. En este ensayo me propongo analizar las fuentes del error en cuestión y contrastarlo con una perspectiva adecuada para entender cuál es, y cuál debe seguir siendo, el verdadero espíritu científico.

Palabras Clave: Espíritu científico · «Tecnologismo» · Valor.

CARLOS ULISES MOULINES es Catedrático Emérito de la Universidad de Múnich. Asimismo, es Miembro de la Academia de las Ciencias de Baviera. Doctor en Filosofía por la Universidad de Múnich. Ha sido Profesor Invitado sucesivamente en la Universidad de California en Santa Cruz, en el Centro de Investigaciones Interdisciplinarias de Bielefeld, en la Universidad del País Vasco, en la Universidad de Santiago de Compostela y en la Escuela Normal Superior de París, además de otras instituciones. Ha publicado más de 200 artículos y 18 libros, entre otros: *Exploraciones metacientíficas* (1982), *Pluralidad y recursión* (1991), *Fundamentos de Filosofía de la Ciencia* (en coautoría con J. A. Díez, 2008), *El desarrollo moderno de la filosofía de la ciencia* (2011) y *Una arquitectónica para la ciencia* (en coautoría con W. Balzer y J. D. Sneed, 2012). Es doctor *honoris causa* por la Universidad Autónoma Metropolitana (México) desde 2015 y por la Universidad de Santiago de Compostela desde 2017.

INFORMACIÓN DE CONTACTO | CONTACT INFORMATION: Chair Philosophy, Logic and Philosophy of Science, Faculty of Philosophy, Philosophy of Science and the Study of Religion, Ludwig-Maximilian-University Munich. Geschwister-Scholl-Platz 1, D-80539 Munich, Germany. e-mail (✉): moulines@lrz.uni-muenchen.de.

HISTORIA DEL ARTÍCULO | ARTICLE HISTORY

Received: 10–June–2021; Accepted: 29–June–2021; Published Online: 30–June–2021

COMO CITAR ESTE ARTÍCULO | HOW TO CITE THIS ARTICLE

Moulines, Carlos Ulises (2021). «¿Cuál es el auténtico valor de la ciencia?». *Disputatio. Philosophical Research Bulletin* 10, no. 17: pp. 51–76.

© Studia Humanitatis – Universidad de Salamanca 2021