

## Física y sentido común<sup>†</sup>

ROBERTO TORRETTI

La física matemática moderna comenzó en abierto desafío al sentido común. Galileo declara, a través de su portavoz Salviati, que no puede “admirar bastante la superioridad del ingenio” de los astrónomos heliocentristas, quienes “con la vivacidad de su intelecto hicieron tal violencia a sus propios sentidos que han podido anteponer lo que les dictaba el discurso a las experiencias sensibles que clarísimamente les mostraban lo contrario” (EN VII, 355). Entiende además que colores y sonidos, calor y frío son meras afecciones de los sentidos humanos, como la cosquilla que uno siente cuando le meten una pluma en la nariz, la cual, por cierto, no reside en la pluma, sino sólo en los nervios estimulados por ella (1623, § 48). De este modo, los rasgos más conspicuos por los que percibimos y clasificamos a diario los objetos que nos rodean, fueron declarados subjetivos y excluidos del patrimonio de nociones que la nueva física emplearía para describir la naturaleza objetiva de las cosas. El discurso de la física retuvo muchos términos del lenguaje ordinario, que los hombres de ciencia buscaron sólo definir y usar con más precisión: términos aritméticos conocidos en la administración de la casa y en el comercio; términos geométricos familiares a carpinteros, arquitectos y agrimensores; términos cronométricos utilizados en la liturgia, la navegación, y, desde las postrimerías del medioevo, también cada vez más en la gestión de los negocios; términos aplicables a las máquinas utilizadas en puertos y construcciones. Con todo, desde nuestra perspectiva actual, tenemos que ver el rechazo masivo de ingredientes centrales del lenguaje corriente sólo como un primer

---

<sup>†</sup> Una versión inglesa de esta ponencia forma parte del capítulo 7 de mi libro *The Philosophy of Physics* (Nueva York: Cambridge University Press, 1999).

paso, un preparativo y un anticipo de lo que ocurriría más tarde; pues en el siglo XX las nociones de la geometría, cronometría y dinámica clásicas se juzgan inadecuadas para la física y se reemplazan con conceptos tomados de teorías matemáticas de nuevo cuño, completamente ajenas —o al menos así parece— a las “intuiciones” del sentido común y a la conducción ordinaria de la vida.

Más significativamente quizás, la física moderna descartó la visión de la naturaleza como una red de referencias y significados, medios y fines, valores y contravalores, semejante en esto al medio social. Esta percepción de la naturaleza, que todo el mundo compartía hasta el siglo XVII, ahora se considera supersticiosa y “primitiva”, al menos entre la gente educada de nuestra civilización. Uno de los primeros en expresarlo clara y vigorosamente fue Spinoza, en el apéndice al libro I de la *Ética* (1677). El filósofo critica allí la común suposición de los hombres de que “al igual que ellos, todas las cosas naturales operan para un fin y que hasta el mismo Dios dirige todo hacia un fin cierto”. Esta postura radical de Spinoza no tuvo el apoyo de los físicos del siglo XVII, quienes, sin embargo, postularon que la ciencia física debe ignorar los valores y los fines de la naturaleza. Se sostuvo que sólo Dios podía conocerlos, y que por esto escapaban a la jurisdicción de la ciencia humana, aunque la belleza imponente y la ocasional fealdad de la naturaleza sin duda eran entonces tan obvias como ahora. Como lo demostró el rápido avance de la nueva física, era muy prudente *definir* su campo de investigación dejando a un lado el bien y el mal, el orden y la confusión, la belleza y la fealdad de las cosas. Ello genera, es verdad, una dificultad insoluble si uno está decidido a dar una explicación física de la presencia de la mente y de valores en la naturaleza. Si lo que llamamos ‘físico’ se ha definido deliberadamente de modo de excluirlos, es claro que sólo un milagro puede ponerlos de vuelta. Pero, gracias a Dios, tal explicación no hace falta para hacer física con provecho. (Pienso que ésta es la intuición que redime al por lo demás perverso dualismo cartesiano).

Por cierto, la mente humana ocupa un lugar principalísimo en el laboratorio de física, donde diseña y ejecuta experimentos con determinados propósitos y juzga y manipula sus resultados según determinados valores. Pero la física se las arregló durante tres siglos para ignorar esta presencia desconcertante en el mismo centro de su praxis, y la filosofía de la física en general ha hecho la vista gorda. Sólo en las últimas décadas algunos cosmólogos han sostenido —con la fiera oposición de algunos filósofos— que la existencia fáctica de físicos tiene que hacer una diferencia en la física. Los cosmólogos invocan un supuesto Principio Antrópico. Se lo conoce en versiones más y menos sobrias (Barrow y Tipler 1986), pero todas giran en torno al hecho siguiente: según las teorías físicas que corrientemente se aceptan, puede haber organismos vivos en alguna región y época del universo sólo si los valores numéricos de ciertas constantes fundamentales de la naturaleza caen dentro de ciertos intervalos más bien estrechos. Los valores observados de esas constantes obviamente cumplen este requisito. El Principio Antrópico busca explicar esta al parecer inverosímil coincidencia. La versión “fuerte” demanda la intervención de un demiurgo que fije esas constantes en el origen del tiempo y así prepare el terreno para la vida sobre la tierra. La versión “débil” hace de aguafiestas; según ella, no es necesario *explicar* la coincidencia, puesto que, si esta no ocurriera, tampoco estaríamos aquí para maravillarnos con ella.

En su gran tratado sobre la estructura del espacio-tiempo en gran escala, Hawking y Ellis aducen los prerequisites de la vida de laboratorio para resolver un determinado problema de física. Kurt Gödel (1949) demostró que las ecuaciones de campo de Einstein admiten soluciones que contienen curvas temporaloides cerradas.

Sin embargo, la existencia de tales curvas abre, al parecer, la posibilidad de paradojas lógicas; pues cabe imaginar que uno circula por una de esas curvas con una nave espacial apropiada y, retornando al punto de partida antes de

salir, se impide partir en primer lugar. Por cierto, sólo hay una contradicción si uno postula una idea simple de libre albedrío; pero esto no es algo que se pueda descartar a la ligera, puesto que *toda nuestra filosofía de la ciencia se basa en el supuesto de que uno es libre de ejecutar cualquier experimento*. Tal vez sea posible formar una teoría en la que haya curvas temporaloides cerradas y en la que el concepto de libre albedrío se modifique [ . . . ] pero uno estaría mucho más dispuesto a creer que el espacio-tiempo satisface lo que llamaremos la ‘condición cronológica’, as saber, que *no hay curvas temporaloides cerradas*.

(Hawking and Ellis 1973, p. 189; cursiva mía)

La observación de Hawking y Ellis es acertada y, sin embargo, pocos se han sentido agitados por ella; quizás porque no muchos físicos practicantes prestan atención a las curvas temporaloides cerradas salvo cuando leen ciencia-ficción el día domingo. En cambio, en el contexto de la mecánica cuántica se debate con gran vigor desde hace dos tercios de siglo si es necesario y justo incluir las decisiones y percepciones de los laboratoristas en la contabilidad de la naturaleza. No es fácil combinar la evolución determinista de las probabilidades, descrita tan brillantemente por la mecánica cuántica, con la ocurrencia de sucesos aleatorios determinados. Las probabilidades previstas tienen sin duda que dar paso al fin a resultados efectivos, pero tanto los físicos como los filósofos tienen dificultad en concebir la transición. La incongruencia entre expectativa y cumplimiento es uno de los hechos más comunes de la vida, mas no uno que la física matemática esté bien preparada para tratar. London y Bauer, elaborando una sugerencia de von Neumann, pretendieron salvar la dificultad apelando a la conciencia del observador, quien “puede separarse de la . . . función  $\Psi(x,y,z)$  [epitome de las expectativas] y, gracias a su observación, establecer *una objetividad nueva* atribuyéndole de ahí en adelante al objeto una nueva función  $\psi(x)$  [idéntica al vector propio correspondiente al valor efectivamente medido del observable

bajo estudio]” (1939, § 11). De este modo apelaban a la manida dicotomía de objetivo y subjetivo (y en último término a la supuesta dualidad de cuerpo y alma). Pero la clásica oposición entre predicción subjetiva y realización objetiva se presenta ahora patas arriba: la función  $\psi$ , que representa el devenir objetivo, resume las expectativas, mientras que el cumplimiento, la realización aleatoria de uno u otro resultado determinado, se da en la forma de conciencia subjetiva.

El debate sobre la mecánica cuántica era parte aún de un futuro remoto cuando Descartes y sus seguidores concibieron el campo propio de la física como un ámbito desalmado y sin propósito. En un principio, esperaban penetrar el velo de las apariencias sensibles “oscuras y confusas” con la sola “vivacidad de su intelecto”. Sin embargo, pronto se vio que las “ideas claras y distintas” de los hombres no llevarían muy lejos a la ciencia. Excepto a lo sumo por unas pocas ideas generales, la física tiene que aprender de la experiencia. El problema es que en la experiencia humana, como Berkeley señaló con vigor, los atributos supuestamente objetivos de los cuerpos están entretejidos inextricablemente con los caracteres alegadamente subjetivos de la percepción. La búsqueda cartesiana de la certeza tomó por eso un rumbo diferente. La tradición positivista emanada de Berkeley quiso asentar los fundamentos de la ciencia no en las ideas abstractas de espacio, tiempo y materia, sino en el suelo firme de las impresiones elementales de los sentidos, no contaminadas por el intelecto y libres, por cierto, de los “ídolos” del sentido común. Toda verdad científica debería ser derivable por un razonamiento deductivo o inductivo de aseveraciones elementales sobre datos sensoriales irreducibles. Del dicho al hecho hay mucho trecho. La valiosa labor crítica de Mach hizo hartó poco en pro de su ideología sensacionista. Carnap, en el *Aufbau* (1928), y sus distinguidos continuadores Goodman (1951) y Moulines (1973), valerosamente emprendieron la ejecución del programa fundacionista del positivismo. Una vez completado, habría suministrado un procedimiento para inferir, por ejemplo,

las ecuaciones de campo de Einstein o la ecuación de ondas de Schrödinger, de premisas enunciadas en un lenguaje que sólo hable de datos sensoriales. Los tres libros, no hace falta recordarlo, ni remotamente se acercan a la realización de esta utopía.

En la década de los 30, a insistencia de Otto Neurath, Carnap y sus amigos del Círculo de Viena se convirtieron del “positivismo lógico” al “empirismo lógico”. Los resultados experimentales en que deben basarse las generalizaciones científicas tienen que ser compartidos por la comunidad de los investigadores. Por lo tanto, deben formularse en el lenguaje público —“intersubjetivo”— en que hablamos entre nosotros acerca de las cosas y sucesos del mundo, y no en términos de impresiones sensoriales privadas. Neurath insistía en que el lenguaje “fiscalista” patrocinado por él es sólo un fragmento del lenguaje ordinario, pues, en interés de la comunicación universal, debe ser comprensible también para los sordos y ciegos de nacimiento. Pero esta exigencia es sin duda exagerada y rara vez se cumple en los protocolos de laboratorio. Un ayudante de química evitará quizás la mención de colores si redacta un informe para un profesor daltoniano; pero las situaciones de este tipo son excepcionales. Aunque su nombre sugiere un artificio innovador, el fiscalismo significó en efecto la restauración filosófica del lenguaje del sentido común en el discurso científico (del cual, por cierto, nunca había quedado excluido en la vida real). Neurath comprendió que esto implicaba el fin del fundacionismo. Su artículo “Sentencias protocolares” contiene la famosa metáfora del barco:

*No hay modo de tomar como punto de partida de las ciencias sentencias protocolares puras definitivamente establecidas. No hay una tabula rasa. Somos como marineros que tienen que reconstruir su barco en alta mar, sin que puedan nunca desmantelarlo en un dique seco para recomponerlo ahí con los mejores materiales. [...] De una u otra manera siempre quedan conglomerados lingüísticos vagos como componentes del barco.*

(Neurath 1932/33; en Ayer 1959, p. 201)

Pero la mayoría de los filósofos del Círculo de Viena todavía esperaba satisfacer su hambre de certeza. Carnap reclamaba que el discurso científico se expresara en *lenguaje de cosas* —esto es, “en el lenguaje que utilizamos en la vida diaria para hablar de las cosas perceptibles que nos rodean” (1936/37, p. 466)— y, más específicamente, a los “predicados observables del lenguaje de cosas” (p. 467). La noción clave de *predicado observable* la explicaba así:

Un predicado ‘P’ de un lenguaje L se dice *observable* para un organismo (vgr. una persona) N, si, para argumentos apropiados, vgr. ‘b’, N es capaz, en circunstancias apropiadas, de llegar a una decisión, con ayuda de unas pocas observaciones, sobre una sentencia completa, digamos ‘P(b)’, esto es, a una confirmación de ‘P(b)’ o de ‘~P(b)’ de tan alto grado que aceptará o rechazará ‘P(b)’.

(Carnap 1936/37, pp. 454ff.)

Es de presumir que tales predicados estarán exentos de connotaciones valorativas, a pesar de que hay, sin duda, circunstancias apropiadas en que cualquiera que esté familiarizado con tal o cual equipo de laboratorio es capaz de decidir, tras unas pocas observaciones, que el equipo en cuestión *no está funcionando bien* (y que, por ende, hay que descartar los datos obtenidos con él). Carnap admitía que la noción antedicha de predicado observable era imprecisa, pues distintas personas son más o menos capaces de decidir rápidamente una sentencia dada. Pero era partidario de hacer

convencionalmente un distinguido tajante entre predicados observables y inobservables (p. 455). Muchos predicados importantes de la física son inobservables. Se los denominó ‘teóricos’. Para que el nuevo fundacionismo funcionara, el significado y el uso de los predicados teóricos tenía que basarse exclusivamente en el significado y el uso de los predicados observables. Los sucesivos intentos de Carnap para “reducir” aquéllos a éstos supusieron criterios cada vez menos estrictos y establecieron vínculos cada vez más tenues. (Véase en particular el trabajo de 1956, sobre “El carácter metodológico de los conceptos teóricos”, en el tomo I de *Minnesota Studies*). Aunque flexibles y abiertos a lo nuevo, los empiristas lógicos se mantuvieron firmes en un punto: no era posible enriquecer el contenido cognitivo de los predicados observables mediante su empleo conjunto con predicados teóricos. Tal rigidez puede haberse debido quizás a su general desdén por la historia de la ciencia y los detalles de la práctica científica; pero era, en todo caso, un rasgo imprescindible de la ortodoxia fundacionista. Por eso, cuando Feyerabend, Hanson y Kuhn pusieron de manifiesto, alrededor de 1960, que el significado y el uso de los predicados observables en la física depende de las teorías en que están incorporados, el empirismo lógico se derrumbó como un castillo de naipes.

La brusca transición del fundacionismo de Carnap al historicismo de Kuhn —del primer al segundo tomo de la “Enciclopedia de la ciencia unificada”— generó un pseudoproblema que convirtió a la filosofía de la ciencia en el hazmerreír de los físicos. Carnap concebía a una teoría física como un estructura lingüística de una pieza, asentada en la experiencia a través de sus predicados observables. Pero si estos están —como se ha dicho— “cargados de teoría”, no aseguran un anclaje externo. Las teorías físicas se alzan entonces como edificios cerrados y autárquicos que no pueden comunicarse ni compararse en términos compartidos. Desde este punto de vista, un físico no puede enseñar mecánica clásica de 10 a 11 y mecánica cuántica de 12 a 1 a

menos que esté afligido por una doble personalidad. Esta conclusión ridícula podía, ciertamente, evitarse tomando en serio la metáfora de Neurath. En la nave de Neurath, las lindas torrecillas de acero de las teorías se levantan sobre los tablones del sentido común que, aunque viejos y roñosos, tienden un puente entre ellas y son en todo caso indispensables para mantener a flote la empresa del conocimiento. Al pasarse de una teoría a otra los físicos no estarán “respondiendo a un mundo distinto” (Kuhn 1962, p. 110), pues no hay más que un solo mundo al que pueden responder despiertos, el mundo en que están junto con las personas que aman y los bienes que desean, algunos aspectos y fragmentos del cual las teorías físicas representan a su manera aproximativa e idealizadora, mientras que su realidad concreta se comenta en el lenguaje cotidiano, en forma a menudo oscura pero casi siempre oportuna e incluso atinada. Si nuestro modo ordinario de entender las cosas fuese un sistema —la “teoría del sentido común” que algunos filósofos han intentado infructuosamente hacer explícita— se alzaría aislado, impermeable a la innovación intelectual e incapaz de fomentarla. Pero gracias a su vaguedad, ambigüedad y ductilidad —virtudes que el Círculo de Viena pretendió, gracias a Dios sin éxito, reemplazar con la formalización— el sentido común brinda el terreno nutricional en que las teorías físicas y otros sistemas intelectuales pueden crecer y a través del cual pueden comunicarse.

El malentendido que alimenta la tesis de la inconmensurabilidad entre teorías científicas separadas por una revolución consiste en que sus partidarios han seguido atribuyendo al pensamiento humano, o, por lo menos, al pensamiento científico el carácter unitario y totalitario de la razón kantiana, aunque lo ven como fruto de la historia y capaz de mutaciones *à la* Darwin. Pero si la razón tiene una arquitectura — como enseñaba Kant—, ella no es la del Escorial, edificado de una sola vez conforme a un diseño claro y definitivo, sino más bien la de la catedral de Santiago, construida a pedazos durante muchos siglos, con drásticos cambios de estilo, que sin embargo no

estropean, sino más bien magnifican la grandeza del conjunto. Una comparación arquitectónica más iluminadora es la que hace Wittgenstein entre lo que él llama ‘lenguaje’ (y los griegos llamaban ‘logos’) y una ciudad —parecida a Viena— con un centro antiguo de callejuelas tortuosas y llenas de recovecos, la cual asimila al habla cotidiana, y una periferia de urbanizaciones y suburbios, con calles rectas y amplias avenidas, a la que compara con los lenguajes especializados de las ciencias. Nótese que esta comparación no implica que los lenguajes especializados sean exhaustivamente traducibles al lenguaje corriente o deriven de éste su sentido, como sostuvo el empirismo lógico; sólo que el lenguaje precientífico es más antiguo y estable que las jergas técnicas, y permanece en pie cuando una de éstas es remodelada o demolida, manteniendo una conexión que de otro modo quedaría interrumpida. En particular, la física, aunque sus *teorías* sólo pueden expresarse adecuadamente en idiolectos cargados de términos y fórmulas matemáticas, en la *práctica* no llega a prescindir del lenguaje ordinario, el cual obviamente tiene que emplearse cada vez que se dan instrucciones para armar o manipular un experimento.

La cosa calza bien con el esquema descriptivo de las teorías físicas propuesto por los filósofos estructuralistas. Bajo este esquema, una teoría física consta de una estructura matemática y un conjunto de aplicaciones deseadas, esto es, de fragmentos o aspectos de la realidad vivida modelados, idealizadamente, como realizaciones de dicha estructura. Si el modelado tiene éxito, la teoría capta y comprende el fragmento o aspecto en cuestión y los conceptos de la teoría se refieren efectivamente a él. Pero tiene que haber una forma extrateórica de referirse a dicho fragmento o aspecto para siquiera designarlo como candidato a modelo de la teoría. Esta forma de referencia probablemente es confusa y no lo deslinda bien, ni su sentido aporta nada que contribuya a entenderlo, pero da un asidero semántico para tenerlo cogido aunque fracase el intento de aplicarle la teoría y los conceptos de ésta le resbalen por encima.

Es claro que el físico tiene que poder hablar de lo que no entiende. De otro modo, la observación incomprensible, el resultado experimental contrario a lo previsto caerían fuera del alcance del discurso y no podrían actuar como catalizadores de la innovación conceptual. La insuficiencia de la teoría vigente, la anomalía que provoca la ruptura, sólo puede señalarse en un lenguaje parateórico que constituye, a la vez, un factor de continuidad.

## REFERENCIAS

- Ayer, A. J., ed. (1959). *Logical Positivism*. New York: Free Press.
- Barrow, J. D. y F. J. Tipler (1986). *The Anthropic Cosmological Principle*. Oxford: Clarendon Press.
- Carnap, R. (1928). *Der logische Aufbau der Welt*. Berlin: Weltkreis-Verlag.
- Carnap, R. (1936/37). "Testability and meaning". *Philosophy of Science*. **3**: 419–471; **4**: 1-40.
- Carnap, R. (1956). "The methodological character of theoretical concepts". *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*. **1**: 38–76 (1956).
- Galileo Galilei (EN). *Le Opere*. Nuova ristampa della Edizione Nazionale. Firenze: G. Barbera, 1964-1966. 20 vols.
- Galileo Galilei (1623). *Il saggiaiore nel quale con bilancia esquisita e giusta si ponderano le cose contenute nella Libra astronomica e filosofica di Lotario Sarsi Sigensano, scritto in forma di lettera all' ill.<sup>mo</sup> et rever.<sup>mo</sup> mons.<sup>re</sup> d. Virginio Cesarini*. Roma: Appresso Giacomo Mascardi, MDCXXIII.
- Gödel, K. (1949). "An example of a new type of cosmological solutions of Einstein's field equations of gravitation". *Reviews of Modern Physics*. **21**: 447-450.
- Goodman, N. (1951). *The Structure of Appearance*. Cambridge MA: Harvard University Press.
- Hawking, S. W. y G. F. R. Ellis (1973). *The Large Scale Structure of Space-Time*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kuhn, T. S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- London, F. y E. Bauer (1939). *La théorie de l'observation en mécanique quantique*. Paris: Hermann. Actualités scientifiques e industrielles, N° 775.
- Moulines, C. U. (1973). *La estructura del mundo sensible: (Sistemas fenomenalistas)*. Barcelona: Ariel.
- Neurath, O. (1932/33). "Protokollsätze". *Erkenntnis*. **3**: 204-214 (1932/33). (Traducción inglesa por G. Schick titulada "Protocol sentences", en Ayer 1959, pp. 199-208).
- Spinoza, B. (1677). *Ethica ordine geometrico demonstrata*. En *Opera posthuma*, Amsterdam: Jan Rieuwertsz.