

La naturaleza de los conceptos científicos¹

Jorge Saltor

Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino

Universidad Nacional de Tucumán

1. Generalidades

Las diversas teorías científicas expresan sus conocimientos a través de un lenguaje que es una especie de dialecto constituido por palabras provenientes del habla cotidiana, como así también de términos artificiales, es decir, adoptados por diversas convenciones que tienen propósitos específicos. De todos modos, cabe aclarar desde el principio que la ciencia no es un *mero* lenguaje, sino uno que busca consciente y metódicamente la objetividad, esto es, la verdad justificada racionalmente; con frecuencia, esta justificación, sobre todo en las ciencias fácticas, requiere de la comprobación experimental.

Dada la importancia que la filosofía contemporánea concede a las cuestiones lingüísticas -se habla, no sin cierta solemnidad, del "giro lingüístico de la filosofía"- es conveniente aclarar que el desarrollo y perfeccionamiento de la ciencia actual no se debe a cambios en el lenguaje, sino fundamentalmente a la adopción de nociones o conceptos novedosos, a la formulación de hipótesis arriesgadas y a la creación de instrumentos formales y técnicos cada vez más refinados y precisos. "Ninguna revolución científica ha tenido nunca lugar por cambios puramente lingüísticos, mientras que una idea influyente puede dar lugar a cambios importantes en el lenguaje de una ciencia..."² Como tendremos oportunidad de ver más adelante, puede darse inclusive el caso de que, acontecida una revolución científica, se siga usando el mismo vocabulario

¹ Este artículo forma parte de una obra más extensa, actualmente en preparación, que habrá de titularse, Dios mediante, *La metamorfosis del concepto de materia*. Hacemos público nuestro agradecimiento a la Lic. Leonor Colombo de Cudmani y a la Prof. Graciela Gómez de Andrés por las valiosas sugerencias que nos han propuesto.

² Bunge, M.: *La investigación científica*, Barcelona, Ariel, 3ª ed., 1973, p. 72.

anterior, pero a la luz de una concepción diferente. Todavía seguimos, en la física actual, utilizando la palabra "materia", pero el significado relativista o cuántico de tal palabra difiere notablemente del que tenía en la ciencia griega.

Las teorías científicas utilizan al menos cuatro tipos de conceptos. En primer lugar, los *individuales*: son los que aluden a una singularidad, a los que en la gramática se conocen como nombres propios. "Darwin", en el enunciado "Darwin utilizó hipótesis malthusianas", es un concepto o término singular. En segundo lugar, se encuentran también *conceptos de clase*, como "cobre", que aparece en el enunciado "el cobre conduce electricidad". Una parte importante de la lógica de la ciencia, la que tiene que ver con las clasificaciones sistemáticas, utiliza estos conceptos de clase; así, por ejemplo, cuando afirmamos que "los mamíferos son vertebrados", de hecho estamos afirmando que la clase de los mamíferos está incluida en la clase extensionalmente más amplia de los vertebrados. En tercer lugar, aparecen asimismo los importantes *conceptos de relación*, como el de "solubilidad", que se menciona en el enunciado "el azúcar es soluble en agua". Cuando se establecen comparaciones entre dos o más correlatos, debemos forzosamente recurrir a conceptos de relación; así, por ejemplo, si aseveramos que "el átomo de hidrógeno tiene menos electrones que el de helio", estamos comparando dos sustancias del universo a través de la relación "menos que". Finalmente, hallamos en la ciencia numerosos *conceptos cuantitativos* (o métricos) que son aquellos que, con relación a una magnitud, por ejemplo la distancia, establecen como coeficiente un número real; en el enunciado "el planeta Tierra está a 4,3 años luz de la estrella Alfa del Centauro", aparece un concepto cuantitativo. Es en el dominio de los conceptos de relación y de los cuantitativos donde habrá de plantearse nuestra investigación sobre la noción de "materia". En rigor, cuando un concepto cuantitativo acompaña a uno relacional se logra información científica relevante. Es posible que el ideal de toda ciencia factual sea la cuantificación de la relación entre dos o más sucesos, inclusive si la cuantificación es aproximada como en el caso de las leyes estocásticas.

Ahora bien, los conceptos, tanto los que se usan en la vida diaria como en la ciencia, nunca aparecen separados unos de otros, sino incardinados en proposiciones enunciativas o de otra índole, tal como se puede constatar en los ejemplos anteriores. Pero si las proposiciones de la vida diaria aparecen en ocasiones en forma aislada, no acontece lo mismo en las ciencias. En efecto, éstas son agrupaciones de proposiciones que se integran de modo específico

según la relación lógica de fundamento-consecuencia. Se establece, así, lo que se llaman *teorías* y que, en el caso de las ciencias de hechos, tales como la física, la biología o la psicología, constituyen en varias ocasiones sistemas hipotético-deductivos de complejidad variable. Esto tiene el importante sentido de mostrar que el análisis de cualquier concepto científico, siempre que tenga alguna importancia, debe hacerse *siempre* a la luz del marco teórico donde aparece.

2. Los conceptos no-observacionales

Del mismo modo que en un sistema factual hay enunciados componentes (principios generales, leyes, consecuencias empíricas, reglas de derivación, definiciones, normas para interpretar los signos, etc.) que pueden ser compartidos por otros sistemas, hay también conceptos que valen para todas las teorías fácticas y otros sólo para una determinada. Llamaremos *genéricos* a los primeros y *específicos* a los segundos. Se podría afirmar, sin temor a equivocarnos, que los conceptos genéricos son de índole filosófica, o porque se refieren a modos del ser corpóreo o porque se refieren a modos de establecer con éste una relación cognoscitiva. En efecto, hay conceptos propiamente ontológicos tales como “hecho”, “suceso”, “azar”, “materia”, “evolución”, “tiempo”, etc. Hay también conceptos epistemológicos como “enunciado legal”, “algoritmo”, “hipótesis”, “justificación”, “sistema deductivo”, “observación científica”, etc. Esto prueba, de manera evidente, que la propuesta fuerte del positivismo decimonónico es falsa a todas luces, porque la ciencia empírica trabaja al mismo tiempo con una filosofía de la naturaleza y con una filosofía del conocimiento. La obra fundacional del positivismo: *Curso de filosofía positiva*, publicada entre 1830 y 1842 por Augusto Comte, y muy a su pesar, está comprometida con consideraciones ontológicas y epistemológicas, tales como la ley de los tres estadios de la historia, o el criterio que guía la clasificación de las ciencias, o la universal ley del progreso, o el monismo metodológico, etc.

Ahora bien, los conceptos que hemos llamado “específicos”, vale decir, propios de una teoría factual particular, a veces erróneamente son considerados como observacionales en la medida que se refieren a entidades, propiedades y relaciones susceptibles de ser experimentadas, como, por ejemplo, “estímulo”, “respuesta”, “posición”, “confirmación experimental”, “proceso de medición”, etc. Los conceptos específicos pueden ser también no-observacionales o teóricos, esto es, insusceptibles de ser captados, de hecho o de derecho, por la experiencia, tales como “el inconsciente”, “centro gravitacional del sistema solar”, “clase

social", las variables intervinientes como "hábito", "campo electromagnético", etc. El concepto de "masa" de un cuerpo, estrechamente vinculado con el de "materia", es también teórico. Más adelante sentaremos un criterio general para modificar en gran medida esta distinción corriente en los manuales de epistemología.

Por lo general, los mal llamados conceptos no-observacionales de las teorías factuales desarrolladas corresponden a los llamados *términos primitivos* o *indefinibles* de un sistema; en consecuencia, aparecen como ya dados en la formulación de los principios generales, o axiomas, de la teoría. En la mecánica clásica, los tres términos primitivos generalmente aceptados: "punto material", "masa" y "fuerza", que aparecen en las tres leyes básicas del movimiento y en el principio general de la gravitación, se refieren a presuntos conceptos no-observacionales, en la medida que no tienen un referente ostensible en el mundo de la experiencia.³ Y sin embargo, a través de ellos, puede lograrse no sólo una satisfactoria descripción de los sucesos de la mecánica sino, también, una explicación del porqué estos sucesos acontecen de manera legal, vale decir, necesaria. Es un rasgo casi paradójico de la ciencia actual el que los conceptos no-observacionales son mucho más fecundos, desde el punto de vista explicativo, que los meros conceptos observacionales. Éstos, sin duda, son necesarios para una primera aproximación descriptiva del mundo de los sucesos espacio-temporales, pero su comprensión íntima y más exacta exige la presencia de constructos hipotéticos, es decir, de conceptos no-observacionales. Para los filósofos que creen que la inteligibilidad última del universo sensible está dada por una coordinación matemática, tomada ésta en el sentido más amplio posible, no causa ninguna sorpresa que la explicación presuntamente definitiva deba provenir de leyes con un alto nivel de abstracción, es decir, que contengan conceptos que se refieran a relaciones cuantitativas no-observables.

Sobre esto último, conviene reflexionar lo que asevera el epistemólogo español Jesús Mosterín:

³ Con relación al concepto de "fuerza" podría creerse, en principio, que es observacional. Sin embargo, aunque puedan indicarse casos de aplicación del término 'fuerza', el concepto implica una elaboración abstractiva cuya denotación es *de iure* infinita. Cf. *infra*, parág. "Precisiones semánticas".

Afortunadamente, y desde el siglo XVII, hemos salido del marasmo en que nos había sumido el intento por comprender directamente la realidad, y hemos aprendido a conquistarla por la ruta indirecta de la modelización cuantitativa. Construimos modelos matemáticos de la realidad empírica, y trasladamos a esos modelos los problemas que la realidad nos plantea. Esos problemas, así traducidos al lenguaje matemático, son susceptibles de ser analizados y resueltos matemáticamente. (...) Resulta sorprendente que ese rodeo por el mundo ficticio de la matemática nos proporcione representaciones fiables del mundo real de los procesos físicos y soluciones eficaces a nuestros problemas empíricos. Parece milagroso que algo tan extravagante funcione. Como dice Eugene Wigner, 'el milagro de la *adecuación* del lenguaje de la matemática para la formulación de las leyes de la física es un don maravilloso que nosotros no entendemos ni merecemos'. Quizás no lo merezcamos, pero si, a pesar de todo, tratamos de entenderlo, tendremos que seguir avanzando en nuestra comprensión de la estructura, dinámica y papel de los conceptos métricos [cuantitativos] en la empresa científica.⁴

Dentro de la filosofía de la naturaleza, esto es lo que se conoce con la expresión "programa pitagórico-galileano del conocimiento del mundo físico".

3. Precisiones semánticas

Por fuerza, y antes de entrar decididamente en el análisis del concepto de "masa", tenemos que referirnos al estatuto ontológico de los conceptos teóricos, pues esta cuestión ha generado -por lo menos desde los tiempos de Ernst Mach- inacabables discusiones de tipo epistemológico. Recuérdese que hemos afirmado, sin mayores precisiones, que el concepto de "masa" es un inobservable. Pero esto es un notorio pleonasma. Por lo pronto, hay que señalar que *todo concepto es por naturaleza no-observacional*, en la medida que consiste en la representación intelectual de una entidad cualquiera. Los conceptos son propiamente entes de razón, que tienen su propia legalidad ideal, como se puede comprobar en el

⁴ Mosterín, J.: "Los conceptos científicos", en AAVV: *La ciencia: estructura y desarrollo*, Madrid, Trotta, 1993, p. 30.

análisis de las relaciones necesarias que los tres conceptos -o sus proyecciones lingüísticas: los términos- de un silogismo categórico tienen entre sí, siempre que el silogismo sea válido. Así, no sólo son inobservables los conceptos de la filosofía o de la matemática, sino también lo son todos los que encontramos en las ciencias factuales, en la vida diaria, en la literatura, etc. Inclusive las "singularidades", como "la gran explosión (*Big Bang*)" o "cero absoluto de temperatura", que aparece en el enunciado de inaccesibilidad de la tercera ley de la termodinámica, son inobservables, pues constituyen representaciones que sólo existen en el intelecto. La sabia distinción tradicional entre *verbum mentis* y *verbum oris* expresa muy bien lo que pretendemos establecer. La "palabra oral" o *dictio* es siempre observacional pues acaece dentro de las posibilidades de nuestra percepción visual, auditiva o táctil; la "palabra mental", propiamente el concepto, nunca es observacional porque las representaciones intelectuales son incorpóreas o inmateriales, tal como exige la naturaleza metafísica del intelecto. Y, por último, los sucesos inobservables son los referentes espacio-temporales que no pueden ser descriptos ni ostensiva ni operacionalmente.

En consecuencia, cuando afirmamos que hay conceptos observacionales y no-observacionales en las teorías factuales, lo que queremos indicar es que ellos, convenientemente articulados en enunciados significativos, es decir, enunciados que pueden ser verdaderos o falsos, algunas veces se refieren a sucesos reales susceptibles de ser correlatos intencionales de la experiencia y, otras veces, a sucesos reales insusceptibles de constatación empírica. La observacionalidad o no-observacionalidad de un concepto están dadas por su referencia extramental, no por la naturaleza del concepto que es siempre ideal. Las teorías de la física ¿contienen conceptos cuyos referentes no existen o, por lo menos, no podemos afirmar su existencia a menos que ella sea la consecuencia causal de una inferencia o de una postulación hipotética? El concepto de "masa" ¿alude a un aspecto observable de la materia o es más bien un producto o resultado inferencial? La masa de un cuerpo ¿es un *fictum* epistemológico o un constructo abstracto generado por razones de conveniencia? De todos modos, y a pesar de que ello requeriría desarrollos filosóficos extensos que no podemos realizar aquí, hay que tener en cuenta que no son los conceptos las unidades noéticas básicas o primarias, pues ellos no se dan de hecho aisladamente sino que aparecen siempre en el campo semántico de una proposición. Epistemológicamente hablando, pues, las unidades básicas son las proposiciones enunciativas o juicios. Esto es importantísimo para comprender que los conceptos científicos sólo

tienen realidad y significación en el contexto de alguna teoría ya coconstituida, que es la organización lógica de una pluralidad de proposiciones enunciativas.

4. Interpretaciones filosóficas de los conceptos científicos

Las interpretaciones filosóficas que, a lo largo de más de cien años, se han dado sobre la naturaleza de los conceptos, cuyos referentes no entran en el dominio de la experiencia, son varias y su estudio pormenorizado nos llevaría mucho tiempo. En consecuencia, y teniendo siempre a la vista el concepto de “masa”, aludiremos sólo a tres interpretaciones, aunque somos conscientes de que pueden enumerarse varias más. Ellas son la interpretación operacionalista, la realista y la de la mera teoreticidad. Elegimos estas tres no arbitrariamente, sino por razones históricas; en efecto, ellas se han esgrimido por lo común para interpretar la totalidad de los grandes conceptos que utiliza la física clásica, la de la relatividad y la cuántica.

4.1 El *operacionalismo*, propuesto por el físico Percy Bridgman en su libro *The Logic of Modern Physics* (1927), afirma que los conceptos de la física sólo adquieren significado si puede darse de ellos una “definición operacional”. Ésta consiste, en última instancia, en la aplicación conductista del esquema “estímulo-respuesta”: $E \rightarrow R$. Si tras la realización de diversas operaciones provocamos una respuesta R observable, entonces quiere decir que hay un estímulo E (consistente en un conjunto de operaciones manuales) que, por una parte, indica la presencia de una entidad, una propiedad o una relación y, por otra, determina causalmente la respuesta R . Así, por ejemplo, si deseamos averiguar, con relación a un cuerpo macroscópico y de dimensiones manejables a escala humana, cuál es su cantidad de materia -es decir, su masa- debemos realizar las siguientes operaciones: conseguir una balanza de platillos o una balanza romana; colocar en uno de éstos la unidad de medida -en este caso un kilogramo o un múltiplo o submúltiplo- y en el otro el cuerpo cuya masa nos interesa conocer; cerciorarnos de que la balanza está equilibrada y fijarnos, por último, en el ángulo de desviación del fiel. De este modo, obtendremos una respuesta R de tipo observable y lograremos conocer si el cuerpo tiene mayor o menor cantidad de materia que la unidad de medida. Esta descripción de las operaciones con la balanza está simplificada al máximo. De hecho, la balanza misma presupone una cantidad de leyes físicas anteriores, tales como las de la palanca.

En general, Bridgman piensa que podemos definir todos los conceptos de la física y de las otras ciencias empíricas mediante el conjunto de operaciones que deben realizarse para obtener un resultado observable y medible de acuerdo con un sistema métrico elegido. Como se ve, el operacionalismo está muy ligado al empirismo, pues las operaciones realizadas o realizables son actos que se ejecutan en un *aquí* y en un *ahora*. ¿El procedimiento de las definiciones operacionales puede aplicarse a todos los conceptos de la física? Y, en especial, ¿pueden definirse operacionalmente las constantes universales o las nociones epistemológicas básicas de un paradigma, como “mecanismo” en la física clásica o “covariancia” en la relatividad? En su importante artículo: “Einstein’s Theories and the Operational Point of View”, Bridgman afirma que Einstein estableció, en la teoría especial de la relatividad, un modo operacionalista de introducir conceptos en física, modo que presumiblemente abandonó años después en la formulación de la teoría general. Trae Bridgman a colación un texto del mismo Einstein que se encuentra en *Relativity* y en el que se asevera: “Para el físico, un concepto no existe hasta el momento en que tiene la posibilidad de descubrir si, en un caso dado, dicho concepto se realiza o no. De este modo, necesitamos una definición, por ejemplo de la simultaneidad, tal que nos provea de un significado mediante el cual, en el presente caso, el físico pueda decidir experimentalmente si dos relámpagos acontecen al mismo tiempo, es decir, simultáneamente. Tan pronto como este requerimiento experimental no se satisfaga, yo, como físico, me veo obligado a sentirme incapaz de atribuir un significado al enunciado de la simultaneidad. Esto que vale para el físico se aplica asimismo para cualquier investigador”.⁵ Lo importante de este texto de Einstein, recordado por Bridgman, consiste en que el significado de un concepto físico de relación, el de “simultaneidad” por ejemplo, sólo tiene validez en la medida que pueda *empíricamente* constatarse, es decir, aplicarse a un caso particular, verbigracia, a dos relámpagos. Sin duda, hay aquí un argumento *ad baculum* a favor del operacionalismo.

De todos modos, el programa operacionalista o cualquier otro de sesgo reduccionista -como el empiriocriticismo de Mach o el fenomenalismo de Carnap en su *Der Logische Aufbau der Welt* (1928)- choca con la imposibilidad de explicar satisfactoriamente cuatro tipos de conceptos científicos de los que no puede

⁵ Cit. por Bridgman, P., en Schilpp, Arthur (ed): *Albert Einstein. Philosopher-Scientist*, Southern Illinois University, 1970, pp. 333-355.

prescindirse: los disposicionales, los cuantitativos o métricos, los ficcionales y los que aluden a sucesos inobservables con probable *fundamentum in re*. En efecto, no puede darse una definición operacional de una disposición física, psicológica o social, como pueden ser “inteligente”, “apareable” o “conductor de electricidad”; en la filosofía tradicional, estas disposiciones o aptitudes son potencias que sólo pueden describirse por términos empíricos una vez que resulten actuales. Los conceptos cuantitativos, que son aquellos que asocian un número real con una magnitud, tampoco pueden definirse operacionalmente por dos motivos básicos: en primer lugar, el coeficiente numérico puede ser un número irracional y nadie podría, en su sano juicio, encontrar predicados observacionales para definir exactamente, por ejemplo, $\sqrt{5}$ metros; en segundo lugar, las magnitudes están sujetas a distintos sistemas métricos que varían con el tiempo, por razones de conveniencia o por el perfeccionamiento de las técnicas de laboratorio. Verbigracia, durante la mayor parte de la historia de Occidente, el tiempo fue medido por relojes astronómicos, muy imprecisos y necesitados de correcciones periódicas, por ejemplo el de la rotación de la tierra alrededor del sol; en el siglo XVII, gracias a los trabajos de Galileo y Huygens sobre el péndulo, se perfeccionó el sistema de medición del tiempo; en la actualidad, el Sistema Internacional establece que el segundo -un patrón de medida convencionalmente elegido- está definido por un número de oscilaciones que produce, en un reloj atómico, la radiación del isótopo de cesio-133. Es seguro que con el correr de los años y gracias al perfeccionamiento de la microfísica y de la astrofísica se adoptarán nuevos sistemas de medición del tiempo. Más arriba dimos un ejemplo que ilustra acerca de las relaciones entre exactitud e incertidumbre: al afirmar que la distancia que nos separa de la estrella Alfa del Centauro es de 4,3 millones de años luz, tenemos un cierto grado de certidumbre; pero si pretendiéramos hacer más exacta nuestra apreciación, buscando por ejemplo un tercer o cuarto decimal, crecería probablemente la exactitud, mas disminuiría notablemente nuestra certeza. Como lo viera muy bien Bertrand Russell, en un artículo sobre la vaguedad, la certeza y la exactitud están en relación inversa en el dominio de las ciencias de hechos.

Las nociones ficcionales (*ficta*), como “péndulo ideal” o “*perpetuum mobile*” o “vacío”, tampoco son susceptibles de definiciones operacionales, pues constituyen justamente construcciones abstractas e imaginarias que el científico conscientemente sabe que no existen en la naturaleza. Los *ficta* son algo así como el “caso límite” de la experiencia, que sirven para regular nuestros experimen-

tos, pero cuya naturaleza es propiamente la de los *entia rationis*, tal como son las entidades de la matemática. Finalmente, los inobservables propiamente dichos, que aparecen sobre todo en la física atómica pero no solamente en ésta (en el conocimiento histórico, todos los acaecimientos que están fuera del “presente especioso” no pueden ser observados), son asimismo insusceptibles de manejo operacional, aunque tienen una legalidad matemática que induce al hombre de ciencia a postular, mejor aún, a aseverar su existencia. El electrón, verbigracia, no es observable de hecho, aunque por medios indirectos (por ejemplo, la observación de las burbujas que en una cámara de Wilson produce su desplazamiento) estamos en condiciones de inferir su existencia; pero el electrón tampoco es observable de derecho porque, en virtud del principio de incertidumbre de Heisenberg, no puede localizarse con precisión dada su naturaleza esencialmente dinámica. En el dominio de la microfísica, como probablemente en el de numerosos fenómenos macroscópicos que escapan a nuestra insignificante escala humana, los conocimientos físicos son aproximaciones y sólo podemos depositar nuestra confianza en su legalidad estocástica. He aquí un conjunto de buenas razones para sospechar que los intentos empiristas de reducción, en física, a definiciones por medio de predicados observacionales o de operaciones manuales que produzcan un estímulo sensible, indicador de un suceso físico, son inaceptables en el *corpus* de una ciencia que, permanentemente, tiende a un alto grado de comprensión abstractiva.

Steven Weinberg, premio Nobel en 1979 por sus trabajos en el denominado “modelo estándar de las partículas elementales”, y a propósito de una crítica muy sagaz de las ideas de Thomas Kuhn, escribió lo siguiente: “En las teorías científicas actuales hay una parte *dura* (no en el sentido de difícil sino en el de ‘duradera’, como lo son los huesos para el paleontólogo o la cerámica para el antropólogo). Esta parte dura consiste esencialmente en ecuaciones, a las que hay que añadir la definición del valor operativo de los símbolos y la especificación de los tipos de fenómenos a los que dichas ecuaciones se aplican. Y también hay una parte *blanda*: es la concepción de la realidad que sirve para explicarnos por qué funcionan estas ecuaciones”.⁶ El conjunto de ecuaciones que forman la parte *dura* de las teorías, como también los algoritmos lógico-matemáticos que regulan las transformaciones y, finalmente, la decisión de

⁶ “Una visión corrosiva del progreso científico”, en *Mundo científico*, mayo de 1999, p. 79. La versión original fue publicada en *The New York Review of Books*, 8 de octubre de 1998.

aislar tipos de fenómenos para ser analizados -el “subjetivismo selectivo” de Eddington- no son en modo alguno susceptibles de reducciones a predicados de observación o a operaciones de laboratorio. En general, creemos que es un fuerte obstáculo epistemológico pretender fundar la ciencia actual en el uso ordinario de la percepción que, por otra parte, inclusive para la psicología empírica, es muchísimo más compleja y menos confiable de lo que se creía antes de los trabajos de Wundt y de Fechner. El camino del racionalismo crítico ha resultado aquí más fecundo que el empirismo.

4.2. El *realismo*, por su parte, no recurre al esquema “estímulo-respuesta”, sino al principio filosófico general que rige el mundo de los sucesos espacio-temporales: el de causalidad. En realidad, los esquemas “estímulo-respuesta” y “causa-efecto” son en cierta medida similares: el primero implica, a nuestro modo de ver, una hipótesis fenomenológica, puramente descriptiva, donde sólo interesan las observaciones del *input* y del *output*; el segundo es más general y su afirmación alude a rasgos ontológicos, como la producción entitativa y la semejanza estructural entre la causa y el efecto.⁷ Como no hay efecto sin una causa antecedente, podemos inferir de la observación del primero, la necesaria existencia de una causa que puede, de hecho, no observarse. Así, para poder explicar el efecto observado de una tierra que está permanentemente asociada al sol, se afirma la existencia de una causa -la fuerza gravitacional- que ya no se observa; en el ejemplo, esta causa es necesaria porque, si no existiera, la tierra y los demás planetas, en virtud de su impulso, se desprenderían de la atracción solar y se alejarían indefinidamente de nuestro sol.

No habría que confundir la postura del realista con un determinismo o causalismo de tipo laplaciano; la existencia objetiva del azar cabe también dentro de una concepción flexible del realismo. Tampoco hay que creer que el realista desconoce que un mismo término puede traducir, en teorías distintas, conceptos diferentes; en efecto, el significado del término ‘fuerza’ se explica de modos distintos en la física de Aristóteles y en la de Newton. El realista admite de buen grado el hecho de que las connotaciones de los conceptos dependen de la teoría en la que aparecen, traducidos a términos primitivos o simplemente definidos. Para el realismo:

⁷ Para el difícil problema de la “semejanza de estructura”, cf. Russell: *El conocimiento humano*, Madrid, Taurus, 3ª edición, pp. 640 y ss.

la existencia de denotación depende de que la teoría sea acertada o no lo sea, de modo que una teoría hipotético deductiva que emplee términos teóricos debe ser contemplada desde dos puntos de vista: a) semántico y b) informativo. En la perspectiva semántica, los términos teóricos adquieren significación porque se sabe cuál es su designado, es decir, cuáles son aquellas posibles entidades que, de existir, cumplirían las condiciones que establecen las hipótesis. El aspecto informativo de una teoría, vinculada al carácter hipotético de ésta, es la suposición de que esas entidades existen, o sea, que el designado tiene denotado o denotación.⁸

Hay que advertir que la palabra “realismo” tiene significaciones bastante diferentes entre los autores que se dedican a la filosofía del conocimiento. El libro de Hillary Putnam: *Las mil caras del realismo*, no ha hecho sino actualizar lo que los epistemólogos saben desde mucho tiempo atrás. Por ejemplo, cuando Gaston Bachelard usa dicho término, sin duda está refiriéndose al “realismo ingenuo” o también al “realismo naturalista”, es decir, a aquellas posturas filosóficas que desconfían de la razón matemática y depositan su confianza, una confianza ciega, en la percepción o en las impresiones de los sentidos; ello justifica la apasionada defensa de Bachelard, cuando se trata del conocimiento científico, de lo que él llama “racionalismo” e inclusive “superracionalismo”.

Para nosotros, la justificación del realismo en ciencias implica dar cumplimiento, hasta donde ello fuere posible, de los siguientes propósitos: en primer lugar, investigar permanentemente la complejidad del suceso psicológico y neurofisiológico de la percepción; como consecuencia de esto, en segundo lugar, sustituir en la medida que sea posible tal percepción por la observación científica; en tercer lugar, aplicar con perseverancia y decisión los recursos de la lógica y de la matemática para que las observaciones científicas queden justificadas por tales recursos y, en consecuencia, éstas se incorporen a un cuerpo teórico sólido, aunque perfectible, corregible y susceptible de falsación total o parcial. Desde luego, este programa filosófico no puede desarrollarse aquí.

Dicen Einstein, Rosen y Podolsky, en un artículo titulado: “Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?”, lo siguiente:

⁸ Klimovsky, G.: *Las desventuras del conocimiento científico*, Bs. As., A-Z, p.329. Para el tema que nos ocupa es conveniente la lectura completa del cap. 20 de este libro.

Cualquier consideración seria de una teoría física debe tomar en cuenta la distinción entre la realidad objetiva, que es independiente de cualquier teoría y los conceptos físicos con los que ella trabaja. Se entiende que estos conceptos corresponden a la realidad objetiva y, por lo menos para nosotros, ellos nos dan una representación [*Picture*] de esta realidad (...). Los componentes de la realidad física no pueden ser determinados *a priori* por consideraciones filosóficas, pero pueden ser establecidos apelando a los resultados de los experimentos y mediciones. Una definición comprehensiva de la realidad es, sin embargo, innecesaria para nuestro propósito. Puede ser satisfactorio el siguiente criterio, que aparece como bastante razonable: *'Si...podemos predecir con certeza (i.e. con probabilidad igual a uno) el valor de una cantidad física, entonces existe un elemento de la realidad física que corresponde a esta cantidad'*. Nos parece que este criterio, lejos de agotar todos los posibles modos de reconocer una realidad física, nos proporciona al menos uno de tales modos, siempre que aparezcan las condiciones establecidas. Considerado no como necesario, sino meramente como una condición suficiente de la realidad, este criterio está en un todo de acuerdo con las ideas realistas tanto de la mecánica clásica como de la mecánica cuántica.⁹

Una consideración atenta del criterio que aparece en cursiva en el texto original, nos lleva a pensar que, a partir de una predicción justificada por los procedimientos algorítmicos de la lógica-matemática, estamos en condiciones de afirmar la existencia -observable o inobservable- de un elemento real del mundo físico, tal como aconteció con el descubrimiento de todas las partículas elementales subatómicas. Ahora bien, este criterio ya no avala el operacionalismo propio de la epistemología de Bridgman, sino más bien un realismo crítico y racional que establece, por lo menos, dos consecuencias: primera, que existe una realidad objetiva, independiente de nuestra percepción e inclusive de nuestras teorías científicas; segunda, que dicha realidad objetiva puede conocerse, más allá de los límites de la percepción, mediante los cálculos matemáticos de leyes para una clase de sucesos físicos.¹⁰

⁹ *Physical Review*, Vol. 47, 777, 1935.

¹⁰ Estas ideas están inteligentes y ampliamente formuladas por Henry Margenau en "Einstein's Conception of Reality", que se encuentra en Schilpp (ed.): *op. cit.* pp. 245-268.

4.3. Algunos físicos y epistemólogos, como Thomas Kuhn, Norwood Russell Hanson y Paul Feyerabend, se han acercado en alguna medida a la postura límite que hemos llamado de la *mera teoreticidad*, que consiste en aseverar que en las ciencias todos los conceptos son estrictamente teóricos, en razón de estar incluidos en sistemas hipotético-deductivos.

Hemos dicho más arriba que un tipo de proposiciones enunciativas, muy importantes en la ciencia empírica, son las llamadas “predicciones” o “consecuencias observacionales”, que tienen la esencial función de corroborar, mediante inducción estadística, las leyes de menor nivel abstractivo y, en cierto modo, conceder un grado de verosimilitud a las teorías. Estos enunciados constan al menos de un concepto individual como, por ejemplo, “el cromosoma *a* habrá de dividirse por dos”, en razón de que se infiere deductivamente de “todos los cromosomas se dividen por dos”. En la perspectiva de la mera teoreticidad, inclusive el concepto “cromosoma *a*” es teórico porque es una consecuencia lógica dentro del sistema hipotético-deductivo que llamamos *biología molecular*. No obstante, y esto es sumamente curioso, hay aquí una coincidencia con la tradicional lógica aristotélico-escolástica, que considera como totalmente homologables los conceptos universales y los singulares, tal como se puede constatar en los conocidos cuadros de oposición de los enunciados. Así, “todos los cromosomas” y “este cromosoma” son frases equivalentes a los fines de un tratamiento puramente extensional de la lógica. Sea de esto lo que fuere, el ejemplo mencionado: “este cromosoma”, a pesar de referirse a un concepto individual y a pesar de ser observable indirectamente, tiene una *carga teórica* indudable, porque la palabra “cromosoma” debe incorporarse a la biología mediante una definición que supone una muy compleja estructura teórica. El significado de “cromosoma”, al menos para nuestra limitadísima sensibilidad, no se adquiere por una definición ostensiva.

Una corriente epistemológica, que se ha hecho cargo de una reinterpretación de la naturaleza de los conceptos científicos, es el denominado “estructuralismo”, que se iniciara en la universidad de Stanford con motivo de los originales trabajos de Suppes y Adams en la década de 1950, y que tuviera en Sneed y Stegmuller, décadas más tarde, una exposición y un desarrollo muy coherentes y completos.¹¹ Interesa la *concepción estructuralista de las teorías*, para

¹¹ Nos ha resultado sumamente ilustrativo, para una presentación general de la naturaleza de los términos teóricos, el artículo de Ulises Moulines: “Conceptos teóricos y

los fines de este trabajo, porque es también una aproximación interesante al caso límite de la “mera teoreticidad” de los conceptos.

Una caracterización del estructuralismo, aunque de ninguna manera suficiente, es la que sigue. En la concepción tradicional, que arranca desde Aristóteles y Euclides, una teoría científica formal está fundamentalmente especificada por el conjunto de sus *axiomas*; en cambio, en la concepción estructuralista una teoría se comprende y se justifica por el conjunto de sus *modelos* potenciales o actuales. Por un lado, pues, las teorías son sistemas axiomáticos; por el otro, son la clase de los modelos para los cuales son pertinentes los axiomas. Dicho de otro modo: si la concepción tradicional de las teorías se ocupa especialmente de la sintaxis, la visión estructuralista atiende más bien a las proyecciones semánticas, pues los modelos son las interpretaciones con contenido significativo de las fórmulas axiomáticas. Con un ejemplo esto puede aclararse mejor. Consideremos el siguiente esquema puramente formal:

$$X = \langle P, R, s, t, m, f \rangle$$

Se afirma aquí que hay un sistema cualquiera “X” que está constituido por una secuencia de seis elementos. Ahora bien, puede darse el caso de una interpretación significativa y referencialmente objetiva -un modelo- de estas seis letras que proporcione los elementos esenciales de estructuras mecánicas similares a algunas de las propuestas por Newton. En efecto, si “P” es un conjunto no vacío de puntos materiales; y si “R” es la clase de los números reales; y si “s” es una función de “P x T” en el conjunto de puntos geométricos del espacio euclidiano; y si “t” es un intervalo de instantes; y si “m” es una propiedad común de todos los puntos materiales; y si “f”, finalmente, es una relación entre dos o más de tales puntos, entonces el esquema “X” puede aplicarse a la interpretación mecánica de ciertos sistemas físicos, como, por ejemplo, los constituidos por la tierra y la luna, por la trayectoria de un proyectil, por la perturbación del movimiento elíptico de un planeta causado por un punto material extraño, por la caída de una fruta que sigue el segmento entre ella y el centro de la tierra, etc. Hay que advertir que se han utilizado, en esta bre-

teorías científicas”, en AAVV: *La ciencia: estructura y desarrollo*, pp. 147-162. Sobre el estructuralismo en física, la bibliografía es abundante. Cf. Suppe: *The Structure of Scientific Theories*, U. Illinois Press, Urbana, 1974; también Stegmüller, W.: *The Structuralist View of Theories*, Berlin, Springer, 1979.

vísima ejemplificación del estructuralismo en lo que respecta a los modelos, algunos conceptos que son filosóficos por naturaleza, tales como “propiedad”, “instante”, “relación” y otros.

Los ecos indeseables de la epistemología estructuralista, si es que la hemos comprendido correctamente, tienen que ver con la parcial mengua de la base empírica de las ciencias factuales y, por tanto, con aquellas razones que convalidan o justifican un determinado cuerpo teórico. Esto es algo que sucede con todas las exposiciones que se agrupan en lo que hemos denominado la “mera teoreticidad” de los conceptos de la ciencia. Y ello lleva, por lo menos en el caso de Kuhn, a no dar una respuesta satisfactoria a ciertos problemas que presenta la historiografía científica, por ejemplo, al del progreso con relación a la verdad objetiva y al de las conexiones entre las diferentes teorías físicas, biológicas, sociales, etc., que lo han llevado a la discutida afirmación de la inconmensurabilidad de los paradigmas.

Hemos visto que Einstein admite la posibilidad de una interpretación operacionalista de los conceptos científicos, pero admite también una interpretación realista. Nos parece que esto no debe considerarse como una falta de coherencia intelectual. Es probable que, en los escalones más bajos de la física, las definiciones ostensivas y las operacionales tengan una importante función que cumplir. Pero, en los peldaños más abstractos, más refinados, parece que las definiciones que proporciona el principio de causalidad y los postulados convencionales que exige la práctica científica son categóricamente preferibles. Finalmente, las opciones matemáticas del estructuralismo a favor de una fundamentación en la teoría de conjuntos (y no en el cálculo cuantificacional), como así también el enriquecimiento de los formalismos por la exposición de sus modelos posibles, son alternativas que no carecen de interés y que, a nuestro juicio, deben investigarse y promoverse.