Diánoia, vol. 30, no. 30, 1984

LA SEMÁNTICA DEL EMPIRISMO LÓGICO

JOSÉ LUIS ROLLERI

UNIVERSIDAD MICHOACANA

0. En este escrito examino, con cierto detalle, las diversas propuestas semánticas del empirismo lógico [1] acerca de la interpretación "empírica" de las teorías de la ciencia factual. Estas propuestas forman parte de un programa *implícito* de fundamentación de la ciencia de los empiristas, que pretende completar la parte lógica, que consiste en la propuesta de reconstrucción de las teorías factuales como sistemas axiomáticos clásicos o hilbertianos.[2]

Al adoptarse el enfoque hilbertiano al problema de ofrecer los fundamentos axiomáticos de la teorías factuales, la cuestión de la interpretación surge de una manera directa y natural, puesto que en la formalización se abstrae el contenido factual de los enunciados de las teorías, despojando a los términos primitivos de su significado propuesto. Seguir los cánones de la axiomatización clásica no obliga, por supuesto, a concebir la interpretación de las teorías axiomatizadas como los empiristas.[3] Lo que llevó a los empiristas a sus propuestas semánticas fueron, en

[1] Me ocupo principalmente de las propuestas de Rudolf Carnap. Esta restricción está justificada por el hecho de que fue él quien, con mucho, elaboró más la semántica del empirismo lógico. Entiendo por "empirismo lógico" el movimiento filosófico internacional nacido en los años 30, que conformó el grupo que publicó la famosa serie *Foundations of the Unity of Science* (University of Chicago Press), parte de la Enciclopedia proyectada. Distingo en el desarrollo intelectual de Carnap una etapa positivista y una empirista, atendiendo a ciertos cambios importantes de tesis que mantuvo en *Logische Aufbau* en 1928; estos fueron: (1) su adopción de una posición fisicalista en lugar de la fenomenalista originaria (*Cfr.* Carnap [1934] y [1939]); (2) su acercamiento al enfoque hilbertiano al problema de la axiomatización de la ciencia empírica, alejándose del enfoque fregeano (*Cfr.* [1938]) y (3) su abandono del criterio de verificación sustituyéndolo por un criterio de confirmación (*Cfr.* Carnap [1936]). en Suppes [1967], Moulines y Sneed [1979] y Rolleri [1983].

[2] No discutiré aquí la cuestión de si las teorías empíricas pueden tener efectivamente una formalización estándar. Críticas al enfoque formalista pueden encontrarse en Suppes [1967], Moulines y Sneed ,1979] y Rolleri [1983].

[3] Por ejemplo, Bunge, adoptando el enfoque hilbertiano, propone agregar a los axiomas de una teoría, una serie de postulados semánticos que ofrezcan su interpretación factual. (*Cfr.*, Bunge [1967] y [1979].)

parte, sus intenciones epistemológicas de reducir el conocimiento teórico de la ciencia al conocimiento empírico, lo cual, a su vez, fue motivado por su búsqueda de la certeza del conocimiento.

En el presente trabajo pretendo mostrar que los diversos intentos de fundamentación empírica de la ciencia del empirismo lógico, por medio de una reducción de los conceptos teóricos a una "base" observacional, fracasaron. Esta reducción de lo teórico a lo observable fue pretendida en varios programas semánticos, a través de cierto tipo de reglas, de diferente índole, definiciones explícitas, enunciados reductivos, reglas de correspondencia, etcétera. La argumentación expuesta aquí consiste en exhibir que dichos programas no resultan realizables.

De hecho, creo que el desarrollo de la semántica del empirismo lógico puede describirse como un proceso de debilitamiento de las tesis originarias, cuyo resultado es una renuncia a sus propósitos reduccionistas. Espero que una moraleja pueda extraerse de aquí: que debemos liberarnos del empirismo que ha permeado, y todavía permea en algunas latitudes, la filosofía de la ciencia.

Pero antes de entrar en materia, quiero hacer algunas referencias, más bien históricas, a ciertas tesis epistemológicas de Carnap que forman parte del trasfondo filosófico de sus propuestas semánticas.

1. El primer programa de fundamentación de la ciencia empírica que suscribió Carnap fue, como es bien conocido, el de los positivistas lógicos asociado al Círculo de Viena. Este programa se caracteriza por proponer la edificación de un único sistema que reconstruyera toda la ciencia empírica, desde la física a la sociología, pasando por la biología y la psicología, a partir de una base epistemológica fenomenalista. Los positivistas concibieron la estructura de tal sistema como lógica, similar a la del sistema de los *Principia Mathematica* de Russell y Whitehead, en el que, supuestamente, se reduce la matemática clásica a una base puramente lógica.[4] Análogamente, los positivistas pensaron la construcción de un sistema en el que se fundamentara a la ciencia no formal, reduciéndola a una sólida base, que no requiriera a su vez de ulterior fundamentación. Ellos creyeron encontrarla en el conocimiento extraído directamente de la experiencia inmediata, de lo dado a los sentidos. Precisamente esto constituye su tesis epistemológica central: *que el conocimiento derivado de la experiencia inmediata es del todo seguro, es incorregible.*

En *Der Logische Aufbau der Welt* (Carnap, [1928]), sin duda el intento más serio y sistemático de los positivistas lógicos en dirección a la

[4] Se ha establecido claramente que si no se introducen algunos conceptos de la teoría de conjuntos, al menos el de pertenencia, la reducción no es posible. (*Cfr.*, Quine [1937].)

fundamentación reduccionista de la ciencia factual, Carnap se propuso edificar un sistema de conceptos científicos a partir de lo dado a la experiencia inmediata, de lo inmediatamente dado a los sentidos. En su Autobiografía intelectual (Carnap, [1963], p. 50), Carnap nos dice que:

> Bajo la influencia de algunos filósofos, especialmente Mach y Russell, consideré en el *Logische Aufbau* un lenguaje fenomenalista como el mejor lenguaje para el análisis filosófico del conocimiento. Yo creí que la tarea de la filosofía consiste en *reducir* todo el conocimiento a una base de *certeza.* Puesto que el conocimiento más cierto es el de lo inmediatamente dado, mientras que el conocimiento de las cosas materiales es derivado y menos cierto, me parecía que el filósofo debe emplear un lenguaje que usa los datos de los sentidos como base.

Pero, aun cuando Carnap abandonó estas tesis fenomenalistas, adoptando una posición fisicalista:

> El sistema que se formula en este libro toma como elementos básicos las experiencias elementales. (...) un sistema como (...) el dado en este libro tiene su base en el "dominio autopsicológico". (...) ahora consideraría especialmente una forma que contiene como elementos básicos cosas físicas, y como conceptos básicos, propiedades y relaciones observables de tales cosas. (Prefacio a la 2a. edición en 1961 de *Der Logische Aufbau der Welt*),

siempre conservó la intención de buscar la certeza en el conocimiento en alguna base epistemológicamente privilegiada:

> La primera versión fue escrita en los años 1922-25. Cuando hoy leo las viejas formulaciones, encuentro muchos pasajes que ahora parafrasearía de diferente manera o los dejaría afuera; *pero todavía concuerdo con la orientación filosófica que subyace en este libro. Esto vale especialmente para los problemas planteados y los rasgos esenciales del método que fue empleado.* El problema principal concierne a la posibilidad de la reconstrucción racional de los conceptos de todos los campos del conocimiento sobre la base de conceptos que se refieren a lo inmediatamente dado. (*Ibid.,* el subrayado es mío.)

Un rasgo esencial del método que usó Carnap en el *Logische Aufbau* fue la manera de introducir términos derivados: la definición explícita. Carnap consideró la definición como una convención lingüística de forma lógica bicondicional que establece cierto tipo de equivalencia entre el *definiendum* y el *definiens,* de manera tal que el primero es sustituible por el segundo en cualquier enunciado en contexto extensional. Así, al definir los conceptos de la ciencia factual en términos fenomenalistas (o fisicalistas), aquéllos son eliminables del discurso científico, puesto que son sustituibles, a través de definiciones, por los conceptos fenomenalistas (o fisicalistas). Definir, en el *Logische Aufbau*, significa eliminar. Y por eliminación Carnap intentó reducir el conocimiento empírico a una "base" constituida por conceptos "autopiscológicos" o, más tarde, observacionales. Esta manera de "construcción" o "constitución" de un sistema, aunada a la deducción lógica, concuerda del todo con sus propósitos empiristas de fundamentación empírica de la ciencia factual, con su intención de buscar la certeza en el conocimiento.

Como veremos enseguida, la tesis epistemológica de reducir el conocimiento no formal a una base empírica, la cual no requiriera a su vez de ulterior fundamentación, subyace al desarrollo de la semántica de Carnap. De hecho, ella determina, en parte, el tipo de respuesta que da Carnap al problema de la interpretación de las teorías factuales, siendo siempre un intento de reducción a lo observable.

2. Seguimos el desarrollo de la semántica empírica de Carnap, rastreando en sus obras dos cuestiones centrales:

(I) La distinción en el lenguaje de la ciencia entre conceptos teóricos y observacionales y, con ello, el problema de qué puede constituir la base empírica de las ciencias;
(II) La conexión semántica que hay entre los dos niveles del lenguaje científico, y con ello, el problema de cómo pueden reducirse los conceptos teóricos a la base empírica.

Creo que, en buena medida, el desarrollo de la semántica carnapiana puede describirse como un proceso de debilitamiento de las tesis sostenidas en relación con (I) y (II), proceso en el que las tesis se van transformando, haciéndose menos estrictas. Al inicio, las tesis fueron extremadamente fuertes. Por un lado, se mantuvo que la distinción entre el lenguaje teórico y el observacional era nítida, siendo el segundo un lenguaje "puro". Por el otro, se sostuvo que los conceptos teóricos de la ciencia eran definibles (folio 6) explícitamente en términos de los conceptos observacionales, reduciéndose, así, los primeros a los segundos; es más, eliminándose de esa manera los conceptos teóricos del lenguaje científico. Gradualmente, en parte por autocrítica del propio Carnap, y en parte por crítica de otros empiristas (destacadamente Hempel),[5] dichas tesis fueron debilitándose. Los cambios de tesis no fueron simultáneos. Por ejemplo, Carnap primero admitió que no todos los conceptos

[5] Véase Hempel [1950], [1952] y [1958].

teóricos (en particular, los disposicionales) pueden definirse explícitamente en términos de los observacionales, y aceptó definiciones condicionales. Después amplió el lenguaje observacional, incluyendo en él términos cuya referencia ya no es directamente observable. Pero siempre sostuvo la tesis de la reducción del lenguaje teórico a una base empírica. Sin embargo, los cambios hechos en aquellas tesis tuvieron como resultado un desgaste de esta tesis, puesto que fueron haciéndose más liberales. El resultado final de tal "desarrollo" de la semántica carnapiana consiste en una renuncia de una distinción no arbitraria entre los dos niveles del lenguaje científico y en sostener sólo una laxa conexión entre ambos, por la que ya no es posible reducción alguna.

La propuesta originaria de Carnap empirista puede caracterizarse como sigue (véase Carnap [1934]). (A) Hay una clara distinción entre los conceptos de la ciencia en dos clases excluyentes. Una es la de los conceptos observacionales, los cuales son aquellos que refieren directamente a cosas y propiedades de esas cosas cuya observación inmediata, sin aparatos de por medio, es posible para toda persona normal, a través de su aparato perceptual. Podemos llamar al conjunto de esos términos el vocabulario observacional de la ciencia o, para abreviar, V_o. La segunda está constituida por todos aquellos términos científicos que no son observacionales, es decir, aquellos que no se refieren a cosas o propiedades de esas cosas directamente observables. Llamemos a estos términos el vocabulario teórico de la ciencia o, brevemente, V_t. (B) la tarea semántica consiste en definir explícitamente, formando cadenas de definiciones bicondicionales, a V_t en términos de V_o. Una definición explícita tiene la forma lógica bicondicional, donde la expresión de la izquierda contiene al término que se define, y se introduce en el lenguaje en cuestión, mientras que en la expresión de la derecha aparece(n) el(los) término(s) por medio del cual(es) se define a aquél, y con el que ya se contaba en el lenguaje. La propuesta carnapiana consiste en seleccionar un vocabulario observacional primitivo, cuya referencia observacional no es cuestionable, puesto que está garantizada por la observación inmediata, y después definir todos los conceptos en V_t en términos de ese vocabulario primitivo de la manera indicada. Lograda tal empresa se conseguirían, al menos, dos cosas: (1) unificar el lenguaje de la ciencia y (2) reducir todo el lenguaje científico a un vocabulario observacional primitivo epistemológicamente privilegiado; es más, epistemológicamente intachable. Es claro que de ser posible esta tarea, todo el lenguaje de las ciencias empíricas se reduciría al lenguaje observacional, puesto que las definiciones explícitas permiten la eliminación de los términos definidos a favor de los términos primitivos. Se llamó al lenguaje que resulta de la unión de

V_o y V_t, construido siguiendo los patrones de la sintaxis lógica, el lenguaje empirista originario.

Sin embargo, Carnap mismo encontró dificultades en este programa semántico. En *Testability and Meaning* (Carnap [1936]), él establece claramente que cierta clase de conceptos científicos, los disposicionales, no pueden definirse explícitamente, como se pretendía. La dificultad es la siguiente:

> Supongamos que queremos introducir el predicado 'Q_3', el cual significa 'soluble en el agua'. Supóngase además que 'Q_1' y 'Q_2' ya han sido definidos en forma tal que '$Q_1(x, t)$' significa 'el cuerpo x es sumergido en el agua en el tiempo t' y '$Q_2(x, t)$' significa 'el cuerpo x se disuelve en el tiempo t'. Entonces uno podría tal vez pensar que podemos definir 'soluble en el agua' de la siguiente manera: 'x es soluble en el agua' significa 'siempre y cuando x sea sumergido en el agua, x se disuelve', en símbolos:
>
> $$(D)\quad Q_3(x) \leftrightarrow (t)\ (Q_1(x, t) \rightarrow Q_2(x, t)).$$
>
> Pero esta definición no daría el significado propuesto para 'Q_3'. Porque supóngase que c es cierto cerillo que quemé completamente ayer. Como el cerillo era de madera, puedo afirmar correctamente que no era soluble en el agua; de ahí que el enunciado '$Q_3(c)$', (E_1), que asevera que el cerillo c es soluble en el agua es falso. Pero si asumimos la definición (D), E_1 es equipotente con '$(t)\ (Q_1(c, t) \rightarrow Q_2(c, t))$', (E_2). Ahora, el cerillo c nunca fue sumergido en el agua y en la hipótesis hecha, nunca será sumergido. Así, cualquier enunciado de la forma '$Q_1(c, t)$' es falso para cualquier valor de 't'. Por ello, E_2 es verdadero, y, debido a (D), E_1 también es verdadero, en contradicción con el significado propuesto para E_1. 'Q_3' no puede ser definido por (D), ni por cualquier otra definición. (Pp. 52 y 53.)

Por este argumento, Carnap propone después otro tipo de definiciones, las condicionales, renunciando de esa manera al mismo tiempo a la propuesta originaria. En el caso de 'Q_3' la definición condicional correspondiente es la siguiente:

$$(R)\quad (x)\ (t)\ (Q_1(x, t) \rightarrow (Q_3(x) \leftrightarrow Q_2(x, t)),$$

la cual significa 'para toda cosa x y todo tiempo t, si x es sumergida en el agua en el tiempo t, entonces x es soluble si y sólo si x se disuelve en el tiempo t'. Sorprendentemente Carnap llama a las definiciones condicionales del tipo de (R) enunciados *reductivos*. Aquí la propuesta semántica cambia en la cuestión (B), y ahora se sostiene que hay que construir cadenas de definiciones, condicionales o bicondicionales, según el caso, a partir de un vocabulario observacional primitivo, que definan todos los conceptos científicos (incluyendo los disposicionales). A tales cadenas de definiciones Carnap les llama cadenas *reductivas*. De esta manera, Carnap, al parecer, no renuncia a sus propósitos reduccionistas, al menos no explícitamente; sin embargo, las definiciones condicionales no permiten la sustitución del *definiendum* por el *definiens* y, así, los conceptos científicos disposicionales no son eliminables del lenguaje de las ciencias, por medio de cadenas reductivas. Parece ser que Carnap no vio este problema, el cual mella sus propósitos reduccionistas y, con ello, su propuesta de fundamentación última del conocimiento empírico. Carnap ahí considera más bien otro aspecto del asunto. Una definición explícita establece cierta equivalencia semántica, a saber, que la extensión de ambas expresiones conectadas por el bicondicional es la misma. Precisamente esto es lo que legitima la sustitución del *definiendum* por el *definiens*. En cambio, las definiciones condicionales sólo establecen una relación de inclusión entre la extensión del *definiendum* y la extensión del *definiens*, y no una de identidad. Carnap examina explícitamente esta cuestión y concluye que aunque se especifiquen varias definiciones (folio 9) condicionales, varios enunciados reductivos, para un mismo concepto, correspondiendo a sus diferentes aplicaciones, el conjunto de ellas tan sólo constituye una interpretación *parcial* del concepto en cuestión, y no es posible, por este medio, dar el significado completo de él, *i. e.*, agotar todas sus posibles aplicaciones. Éste es, ciertamente, un punto en el que Carnap cede explícitamente, y que algunos empiristas sintieron como un paso atrás en su programa semántico.

Un segundo cambio en las tesis originarias, ahora en la cuestión (A), se encuentra en *Fundamentos de Lógica y Matemática*, (Carnap [1939]). Parece ser que debido a las dificultades técnicas de definir ciertos conceptos teóricos de la física en el lenguaje observacional originario, Carnap lo amplió, incluyendo en él conceptos cuyos referentes requieren para ser observados de manera indirecta, de dispositivos de observación (por ejemplo, telescopios) y de aparatos de medición, (por ejemplo, termómetros, balanzas de brazos iguales, etcétera). Esta ampliación del lenguaje observacional da, supuestamente, mayor capacidad de definición, y no significa ninguna renuncia al programa original. Sin embargo, fue el primer paso que dio Carnap en el sentido de debilitar la distinción entre los dos niveles del lenguaje de las ciencias. Más tarde, la distinción se diluyó en un continuo que va de lo observable en sentido puro a los más altos estratos teóricos de la ciencia.

Lo que sí representa una grave dificultad para el programa empirista es la crítica de Hempel a la propuesta de definición de los conceptos teóricos. En su clásico libro *Fundamentals of Concept Formation in Empirical Science,* (Hempel [1952]), Hempel formula una fuerte objeción al proyecto de definir conceptos cuantitativos, o, mejor, métricos, tales como longitud, temperatura, masa, etcétera, en términos de un lenguaje observacional. La dificultad se encuentra precisamente en el carácter métrico de estos conceptos, en el hecho de que son funciones numéricas cuyo rango es un conjunto infinito no-numerable. Un concepto métrico se enuncia como una función que asigna a cada objeto de un universo de discurso dado, un valor numérico. Por ejemplo, el término longitud es usado en contextos de la forma 'la longitud de la distancia entre los puntos u y v es r cms., donde r es un número real positivo (o, brevemente, long $(u, v) = r$). De manera similar, el término masa ocurre en enunciados como 'la masa del cuerpo físico x es de s gramos', donde s está en el conjunto de los reales positivos (masa $(x) = s$). Así, el rango de los posibles valores (numéricos) de estos dos conceptos métricos, así como de un sin número de ellos, es, al menos, el conjunto de los números reales positivos. De esta manera, por ejemplo, si el concepto de longitud fuera definible en términos de observables, entonces sería posible establecer el significado de la expresión 'long $(u, v) = r$', para todo valor permisible de r. Pero esto, arguye Hempel, no puede hacerse. El argumento es el siguiente:

> Primero, supóngase que tratamos de definir la característica de tener r cms. como equivalente de alguna combinación específica (expresable por medio de '*y*', '*o*', '*no*', etcétera) de atributos observables. (En efecto, esto restringe el *definiens* a un enunciado molecular en el que todos los predicados son términos observacionales.) Esto de seguro no es factible para todo valor teóricamente permisible de r. Porque a la vista de los límites de discriminación de la observación directa, habrá siempre sólo un número finito, aunque grande, de características observables; de ahí, el número de complejos diferentes que puedan ser formados a partir de ellas será también finito, sin embargo, el número de valores-r permisibles es infinito. Por ello, la asignación de un valor numérico r de longitud (o de cualquier otra cantidad medible) a un objeto dado no puede ser siempre construida como definicionalmente equivalente a la atribución a ese objeto de algún complejo específico de características observables. Por lo tanto, trataremos de construir la asignación de un valor-r específico a un objeto dado como equivalente de un enunciado acerca de ese objeto que puede ser expresado por medio de términos observacionales y términos lógicos únicamente. Este enunciado puede incluir ahora no sólo '*y*', '*o*', '*no*', etcétera, sino también las expresiones 'todos', 'algún', 'la clase de todas las

> cosas que satisfacen tal y tal condición', etcétera. Pero aun si la definición en términos de observables es construida en este sentido amplio, el número total de expresiones definitorias que puede ser formado a partir del vocabulario finito disponible es sólo infinitamente numerable, sin embargo, la clase de todos los valores-*r* teóricamente permisibles tiene la potencia del continuo. De ahí, una definición completa de términos métricos por medio de observables no es posible. (Hempel [1952], pp. 30 y 31.)

Si este argumento es concluyente como creo, adelante mostraré mis razones, es difícil sobreestimar sus consecuencias en el programa empirista. La dificultad que plantea no es práctica, sino teórica, y muestra que en principio es irrealizable la propuesta semántica de Carnap. Al parecer, el propio Carnap así lo reconoció, puesto que en Carnap [1956], afirma que no todos los conceptos teóricos de la ciencia empírica pueden ser definidos y debemos aceptar sólo especificaciones parciales de sus significados.

En una de sus últimas obras, *Fundamentación lógica de la Física,* (Carnap [1969]), Carnap realiza los últimos cambios de sus tesis originarias, así como la forma de plantear el problema. Ahí, Carnap propone ya no definir uno por uno los conceptos científicos, sino dar reglas que conecten semánticamente enunciados con enunciados, enunciados teóricos (o menos observacionales), con enunciados observacionales (o menos teóricos); pretendiendo con ello dar una interpretación parcial del significado de los conceptos teóricos (o menos observacionales) en términos de conceptos menos teóricos (o más observacionales). Los cambios en cuestión son los siguientes. Primero, la distinción en el lenguaje de la ciencia entre dos tipos de conceptos, los teóricos y los observacionales, es reemplazada por la tesis que afirma que:

> Hay un continuo que comienza con observaciones sensoriales directas y pasa a métodos de observación enormemente complejos e indirectos. Obviamente, no puede trazarse una línea divisoria tajante en este continuo; es una cuestión de grado (p. 300).

Así, la distinción entre lo observable y lo teórico es arbitraria, es una cuestión no de hecho sino de convención. Segundo, Carnap propone la enunciación de un conjunto de reglas, llamadas reglas de correspondencia, que conecten el significado de los conceptos que están más cercanos a la observación directa con aquellos que están más alejados de ella, en ese continuo. El conjunto de esas reglas proveerían de un significado parcial a los conceptos "teóricos" que ocurrieran en los enunciados vinculados por las reglas de correspondencia. Ésta es la última propuesta semántica de Carnap, en la que claramente está renunciando a la definición explícita de los conceptos teóricos en términos observacionales, y con ello a la reducción del conocimiento teórico de las ciencias factuales a una base empírica.

No obstante, el mismo Hempel objetó su argumento de 1952, reabriendo la discusión sobre la definibilidad de los conceptos teóricos. En una conversación con Herbert Bohnert, Hempel se convenció de que sí es *posible definir los conceptos teóricos (métricos, en particular), incluso* aquellos que tienen un rango infinito no-numerable, en términos de conceptos observacionales, siguiendo las líneas de la construcción de los números naturales y reales de las teorías de Frege y Russell.[6] (Véase Hempel [1958], nota 39.) Sin embargo, considero concluyente el argumento de Hempel de 1952; la salida técnica propuesta por Hempel en 1958 falla y no es posible, pues, definir explícitamente los conceptos teóricos de la ciencia en términos de observables, al menos los que tienen un rango infinito no numerable. Ahora expondré las razones.

La conclusión pretendida del argumento de Hempel de 1952 consiste en que es imposible construir siempre una expresión en el lenguaje observacional (en adelante L_0) equivalente a una expresión que asigna un valor numérico real r, a un objeto dado bajo una función métrica. Este argumento contiene dos partes no independientes que se diferencian en el aparato lógico que se supone que se cuenta en L_0. El aparato supuesto en la primera parte es el cálculo proposicional, mientras que en la segunda es un cálculo de primer orden ampliado. En ambas partes, Hempel establece lo mismo, a saber, una diferencia entre la cardinalidad del conjunto de expresiones construibles en L_0 y la cardinalidad del conjunto de las expresiones $f(x) = r$, *i. e.*, una función métrica cuyo rango es el conjunto de los reales, o algún subconjunto de él, y x una variable que recorre el campo de aplicación de f. En la primera parte del argumento la cardinalidad correspondiente al conjunto de expresiones en L_0 es finita, luego no es equipotente al conjunto de las expresiones de la forma $f(x) = r$. Similarmente, en la segunda parte del argumento, la cardinalidad del conjunto de las expresiones en L_0 es infinita, pero numerable, por tanto tampoco es equipotente al conjunto de las expresiones $f(x) = r$.

De esta manera, este argumento de Hempel tiene una gran fuerza lógica, apoyada en un importante resultado de Cantor en la teoría de conjuntos, a saber, la no equipotencia de conjuntos de cardinalidad distinta.[7] No obstante, este argumento tiene una premisa empírica, la cual

[6] No expondré aquí la teoría de los números naturales y reales de Frege y Russell. De hecho, para los últimos, es más conveniente seguir las construcciones de Cantor, Dedekind y Cauchy. El lector interesado puede encontrar en Stegmüller [1970] una exposición clara y concisa.

[7] En 1874, Cantor descubrió que no existe una correspondencia uno a uno entre los naturales y los reales. (Véase, por ejemplo, Kleene [1952], cap. 1.)

ha sido discutida por Stegmüller (véase Stegmüller [1970]). Esta premisa puede enunciarse así: debido a los límites finitos de nuestra discriminación observacional, el conjunto de los términos primitivos de L_0 es finito. La cual parece inobjetable, puesto que lo que es expresable en L_0 depende de lo que podemos discriminar observacionalmente. Esto resulta claro si consideramos la cuestión de qué puede constituir el vocabulario primitivo de L_0. Puesto que sólo puede incluir términos que refieren a cosas, propiedades y relaciones que seamos capaces de discriminar observacionalmente, es finito; de otra manera, L_0 no sería ya un lenguaje observacional. Sin embargo, Stegmüller ha objetado una confusión en este argumento de Hempel, arguyendo que:

> se entremezclan dos conceptos completamente distintos, a saber, el concepto de *'decidible observacionalmente'* y el concepto de *'definible en el lenguaje observacional'* (abreviadamente: 'definible — L_0'). De lo que se trata en toda la discusión era de lo último y no de lo primero... (Stegmüller [1970], p. 270.)

Aunque Stegmüller ciertamente tiene razón en que la discusión es sobre la definibilidad en L_0, parece pasar por alto la estrecha relación que anoté entre lo que es expresable en L_0 (y, de ahí, lo que es definible en él) y lo que es discriminable observacionalmente (y, por ello, lo que es decidible por observación). Y, precisamente, la conclusión de este argumento de Hempel es acerca de lo definible en L_0; los elementos que contiene sobre los límites de la discriminación por observación directa no es sino su premisa empírica implícita. De hecho, podemos parafrasear este argumento de Hempel de la siguiente manera:

(1) debido a los límites finitos de la discriminación observacional, el vocabulario primitivo de L_0 es finito;
(2) por ello, el conjunto de los términos observacionales derivados de L_0 es también finito;
(3) el conjunto de los enunciados construibles en L_0 es finito (usando una lógica proposicional) o infinito numerable (usando una lógica de primer orden ampliada);
(4) pero el conjunto de las expresiones que asignan un valor numérico a las funciones métricas es potencialmente infinito no numerable;
(5) de ahí, en ambos casos de (3), el conjunto de expresiones construibles en L_0 no es equipotente con el conjunto de las expresiones de la forma $f(x) = r$;
(6) luego, hay expresiones de la forma $f(x) = r$, con r real para las que no existe una expresión correspondiente en L_0;
(7) por lo tanto, las funciones métricas (conceptos teóricos) no son definibles explícitamente en términos observacionales.

En último análisis, la validez del argumento de Hempel descansa en el enorme abismo que existe entre los límites de nuestra capacidad de discriminación observacional y la infinitud del continuo. Un hecho que puede destruir cualquier forma de operacionalismo o empirismo.

Hay una posible objección a este argumento, en una vena pragmatista, a la que ahora debemos salir adelante, pues puede surgir también en el caso del argumento de Hempel de 1958. Esta posible salida consiste, como Hempel lo ha señalado, en argüir que puede restringirse el rango de las funciones métricas a un conjunto discreto, por ejemplo, el de los números racionales, ya que de cualquier forma, somos incapaces de discriminar observacionalmente un valor irracional de un valor racional cercano a él, para una función métrica dada. Pero, la respuesta de Hempel es inobjetable:

> Pero cumplir con esta regla haría imposible el uso de los conceptos y principios de las matemáticas superiores en la formulación y aplicación de las teorías científicas. Si, por ejemplo, permitimos sólo un conjunto discreto de valores para la longitud y la duración temporal, entonces los conceptos de límite, derivada e integral no estarían disponibles, y sería imposible, consecuentemente, introducir los conceptos de velocidad instantánea y aceleración, y formular la teoría del movimiento. (Hempel [1952], p. 31.)

Así, por lo visto, es muy alto el precio que hay que pagar por eliminar del rango de las funciones métricas a los números irracionales. Como veremos adelante, gran parte de la discusión sobre la definibilidad de los conceptos teóricos en términos observacionales se centra en la introducción de los números irracionales dentro del rango de los valores numéricos de las funciones métricas. Podría parecer que esto se debe a la naturaleza matemática poco asequible de los números irracionales; éstos no pueden construirse como conjuntos finitos de racionales, como estos últimos pueden formarse como secuencias finitas de enteros, así su introducción involucra hablar de sucesiones infinitas. Además, por más sorprendente que parezca, aunque el conjunto de los racionales es numerable, el de los reales, que incluye a los racionales y los irracionales, no lo es. Sin embargo, como se verá, las dificultades que se presentan con los valores irracionales no son matemáticas.

Ahora podemos considerar el contraargumento de Hempel de 1958 a su argumento de 1952. Antes de introducir su nuevo argumento, Hempel enuncia dos cuestiones que lo posibilitan. Una se refiere al aparato lógico que debe introducirse en el lenguaje observacional, a saber, uno en el cual podamos definir los números irracionales como sucesiones infinitas de racionales con límite irracional. De nuevo, la estrategia de Hempel consiste en aumentar el aparato formal en L_0. Pero en esta ocasión, el propósito no es aumentar la cardinalidad de las expresiones en L_0, sino poder construir los números irracionales. El aparato formal en cuestión consiste principalmente de conceptos de la teoría de conjuntos y del análisis clásico. Nótese que los nuevos conceptos introducidos son de índole matemática, por tanto el vocabulario observacional de L_0 no varía su cardinalidad. La otra consiste en no exigir que se disponga de un número finito de criterios observacionales de aplicación para cada valor admisible que pueda tomar una función métrica. Con esto aparentemente Hempel está renunciando a un enfoque empirista sobre la definibilidad de los conceptos teóricos, a saber, que pueda determinarse observacionalmente si cierta función métrica se aplica o no a un objeto dado. Pero, como veremos enseguida, Hempel recurre a procedimientos operacionalistas y, por ello, no puede salvar el abismo antes anotado, entre los límites de la observación y la infinitud de los reales. El argumento *en extenso* de Hempel de 1958 es éste:

> Primero, se dirá que el *segundo determinado por los puntos x, y* tienen una longitud de cien centímetros si *es congruente con* (o sea, si puede hacerse que coincida con) *el segmento marcado en el metro patrón*. Consideremos a continuación el criterio observacional para un valor racional de longitud, por ejemplo, para $l(x,y) = 0.25$. Se podrá enunciarlo de la siguiente forma: hay cuatro *segmentos*, cada uno *marcado en un cuerpo rígido*, tales que: 1) los cuatro son *congruentes* entre sí; 2) su *suma* (o sea, el segmento que se obtiene colocándolos extremo contra extremo a lo largo de una línea recta) es *congruente* con el *segmento marcado en el metro patrón*; 3) cualquiera de los cuatro segmentos es *congruente con el segmento determinado por los puntos x, y*. Análogamente, puede formularse un *definiens* observacional explícito para cualquier otro valor de n que sea múltiplo de 100 y, en consecuencia, para cualquier valor racional de n. Segundo, la consideración de que se puede concebir un número irracional como límite de una secuencia de números racionales permite la siguiente condición necesaria y suficiente para $l(x,y) = r$, donde r es irracional: *el segmento determinado por los puntos x, y* contiene una sucesión infinita de *puntos* x_1, x_2, x_3, ... tales que: 1) x_1 está entre x e y, x_2 está entre x_1 e y, y así sucesivamente; 2) dado un *segmento S* de longitud racional, hay un *punto* en la sucesión, por ejemplo, x_n tal que los *segmentos determinados* por x_n e y, x_{n+1} e y, etc. son *más cortos que S*; 3) las longitudes de los *segmentos* determinados por x y x_1, x y x_2, y así sucesivamente, forman una secuencia de números racionales con límite r. Finalmente, puede usarse la idea subyacente en la definición anterior

> para formular un *definiens* explícito de la expresión '$l(x, y)$' de modo tal que su dominio de valores sea el conjunto de los números reales que no son negativos. (Hempel [1958], pp. 204 y 205.) [8]

Este argumento de Hempel contiene dos partes. En la primera se trata de establecer que puede darse un significado a la expresión $l(x, y) = r$, con r racional, en términos observacionales. Para ello, se introduce un procedimiento operacionalista de medición. Hay dos cosas que observar respecto a este procedimiento. Primero, supuestamente, está enunciado en términos puramente observacionales; segundo, se trata de un procedimiento que sólo involucra la manipulación de objetos físicos y observación directa de ellos, no involucra, en cambio, cálculos geométricos o algebraicos. La importancia teórica de esta parte del argumento radica en que una vez establecida la tesis en cuestión para los números racionales, se puede proceder utilizando el método de construcción de los reales, a extender la definición a los números irracionales. Precisamente, en la segunda parte del argumento se intenta establecer esto. Éste es un punto crucial en la argumentación puesto que se trata ahí de abarcar todo el conjunto de los reales, *i. e.,* el continuo.

Las dificultades que encontramos en este argumento de Hempel no son de orden matemático, sino más bien tienen que ver con su enfoque operacionalista y su lenguaje observacional. Primero, en el *definiens* se utilizan términos como 'cuerpo rígido', 'punto', etcétera, usados en un supuesto sentido observacional. Estos conceptos no pueden identificarse sin más con los conceptos físicos y geométricos correspondientes (de hecho, Hempel no pretende eso). Por ejemplo, no podemos suponer que un "punto" observacional coincida con un punto en el sentido geométrico. Sin embargo, Hempel necesita en su argumentación que los "puntos" observacionales coincidan con números racionales. Y no sólo eso, sino que puedan discernirse una infinitud de puntos correspondientes a racionales cercanos entre sí y cercanos a irracionales. Esta cuestión en el argumento de Hempel se debe precisamente a su procedimiento operacionalista de medición y a su uso de tales términos en un supuesto sentido observacional. Hempel mismo ve esta dificultad:

> Incluyendo al término punto en el vocabulario observacional, por ejemplo, consideramos a los puntos como objetos físicos directamente observables; pero nuestro criterio observacional, para dos puntos x e y que determinaban un segmento de longitud irracional, requería que hubiera una secuencia infinita de otros puntos entre x e y. Esta condición no la satisfacen nunca los "puntos" observables en

[8] Los términos subrayados corresponden, según Hempel, al vocabulario observacional.

> la forma de pequeños objetos físicos, o señales sobre cuerpos rígidos, que se usan en la medición fundamental de longitud. Como consecuencia, la ejecución real de la medición fundamental, tal y como la representó la definición anterior no dará jamás un valor irracional para la longitud de un segmento. (Hempel [1958], p. 205.)

No obstante, Hempel no considera que esto represente una dificultad real a su argumento, ya que dice enseguida, a pesar de ello, que: "Lo que no quiere decir que no se haya asignado significado alguno a las longitudes irracionales." Pero, lo que puede replicarse es que, en todo caso, *no se ha asignado un significado observacional,* como se pretende, a las expresiones de la forma $l(x, y) = r$, donde r es irracional. Esto puede resultar claro si se considera que las expresiones como 'los segmentos determinados por x_n e y, x_{n+1} e y, etcétera, son más cortos que S', que aparecen esencialmente en el *definiens,* no tienen un correlato físico observable, sino, a lo sumo, geométrico; pero éste no es el significado propuesto por Hempel, ni el que viene al caso para definir los conceptos teóricos en términos observacionales. La cuestión en discusión no es, como podría parecer, acerca de la precisión de las mediciones efectivas, sino, más bien, acerca de si al pretender definir los valores irracionales de la función métrica de longitud, estamos logrando asignar un significado observacional a las expresiones correspondientes. Aunque concediéramos que el vocabulario "observacional" que ocurre en la primera parte del argumento es tal, en donde se define la longitud para valores racionales, en el salto que involucra el paso a definir dicha función métrica para valores irracionales se pierde toda referencia a lo observable, puesto que en él se hace uso esencial de conceptos que no tienen referencia observable. Si este argumento de Hempel parece correcto, se debe a que se está introduciendo subrepticiamente una *interpretación geométrica,* pero carece de una interpretación observacional.

REFERENCIAS

Bunge M., [1967] *Foundations of Physics,* Springer-Verlag.

—— [1979] *Filosofía de la Física,* Ariel, Barcelona.

Carnap, R. [1928] *Der Logische Aubau der Welt,* Hamburgo, 1961, 2a. edición. Traducción inglesa: *The Logical Structure of the World,* Universidad de Berkeley, Berkeley, Calif., 1969.

—— [1934] *The Unity of Science,* Londres. Traducción de "Die Physikalische Sprache als Universalsprache der Wissenschaftu", *Erkenntnis,* 2, 1932.

—— [1936] "Testability and Meaning", 1a. parte, *Philosophy of Science,* 3, 1936.

—— [1938] *Logical Foundation of the Unity of Science,* Foundations of the Unity of Science, núm. 1, vol. I, University of Chicago Press, Chicago, Ill.

—— [1939] *Foundations of Logic and Mathematics,* Foundations of Unity of Science, núm. 3, vol. I, University of Chicago Press, Chicago, Ill. Traducción castellana: *Fundamentos de Lógica y Matemática,* Taller de Ediciones JB, Madrid, 1975.

—— [1956] "The Methodological Character of the Theoretical Concepts" en H. Feigl y M. Scriven (eds.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science,* vol. I, University of Minnesota Press, Minneapolis, Minn. Traducción castellana: "El carácter metodológico de los conceptos teóricos" en J. L. Rolleri (comp.), *Estructura y desarrollo de las teorías científicas,* UNAM, México. (En prensa.)

—— [1963] "Intellectual Autobiography" en *The Philosophy of Rudolf Carnap,* P. A. Schilpp (ed.), The Library of Living Philosophers, vol. II, Open Court, Londres, Cambridge University Press.

—— [1966] *Philosophical Foundations of Physics,* Nueva York. Traducción castellana: *Fundamentación lógica de la Física,* Editorial Sudamericana, Buenos Aires, 1969.

Hempel, C. G., [1950] "Problemas y cambios en el criterio empirista de significado" en *El positivismo lógico,* A. J. Ayer (comp.), FCE, México.

—— [1952] *Fundamentals of Concept Formation in the Empirical Science,* Foundations of the Unity of Science, núm. 7, vol. II, University of Chicago Press, Chicago, Ill.

—— [1958] "El dilema del teórico: un estudio sobre la lógica de la construcción de teorías" en *La explicación científica,* Paidos, Buenos Aires.

Kleene, S. C., [1952] *Introducción a la Metamatemática,* Tecnos, Madrid.

Moulines, C. U. y J. D. Sneed, [1979] "Suppes Philosophy of Physics" en *Patrick Suppes,* R. J. Bogdan (ed.), Drodrecht. Traducción castellana: "La Filosofía de la Física de Suppes", *Lecturas Filosóficas,* no. 6, México, 1981.

Quine, W. V. O., [1937] "New Foundations for Mathematical Logic" *American Mathematical Monthly,* vol. 44. Traducción castellana en *Desde un punto de vista lógico,* Ariel, Barcelona, 1962.

Rolleri, J. L. [1983] "La concepción de las teorías empíricas de Suppes", *Crítica,* UNAM, núm. 43, vol. XV, México, 1983.

Stegmuller, W. [1970] *Teoría y experiencia,* Ariel, Barcelona, 1980.

Suppes, P. [1967] "What is a Scientific Theory?" en *Philosophy of Science Today,* S. Moegenbesser (ed.), Nueva York. Traducción castellana: "¿Qué es una teoría científica?" en *Estructura y desarrollo de las teorías científicas,* J. L. Rolleri (comp.).