

FILOSOFÍA DE LA CIENCIA: TEORÍA Y OBSERVACIÓN

por

DUDLEY SHAPERE * RUDOLF CARNAP * GROVER
MAXWELL * CARL G. HEMPEL * NORWOOD RUSSELL HANSON
THOMAS S. KUHN * PAUL K. FEYERABEND * HILARY
PUTNAM * PETER ACHINSTEIN * MARY HESSE * ERNEST NAGEL
C. ULISES MOULINES

compiladores

LEÓN OLIVÉ
ANA ROSA PÉREZ RANSANZ



siglo
veintiuno
editores



siglo veintiuno editores, sa de cv

CERRO DEL AGUA 248, DELEGACIÓN COYOACÁN, 04310 MÉXICO, D.F.

siglo veintiuno de españa editores, sa

CALLE PLAZA 5, 28043 MADRID, ESPAÑA

siglo veintiuno argentina editores

siglo veintiuno editores de colombia, sa

CARRERA 14 NÚM. 80-44, BOGOTÁ, D.E., COLOMBIA

edición al cuidado de francisco hernández

primera edición, 1989

DR © siglo xxi editores, s. a. de c. v.

en coedición con

DR © instituto de investigaciones filosóficas

universidad nacional autónoma de méxico

isbn 968-23-1531-x

impreso y hecho en méxico / printed and made in mexico

ÍNDICE

PREFACIO	9
INTRODUCCIÓN, <i>por</i> LEÓN OLIVÉ Y ANA ROSA PÉREZ RANSANZ	11
EL PROBLEMA DE LOS TÉRMINOS TEÓRICOS, <i>por</i> DUDLEY SHAPERE	47
EL CARÁCTER METODOLÓGICO DE LOS CONCEPTOS TEÓRICOS, <i>por</i> RUDOLF CARNAP	70
EL ESTATUS ONTOLÓGICO DE LAS ENTIDADES TEÓRICAS, <i>por</i> GROVER MAXWELL	116
EL DILEMA DEL TEÓRICO: UN ESTUDIO SOBRE LA LÓGICA DE LA CONSTRUCCIÓN DE TEORÍAS, <i>por</i> CARL G. HEMPEL	145
✓ OBSERVACIÓN, <i>por</i> NORWOOD RUSSELL HANSON	216
LAS REVOLUCIONES COMO CAMBIOS DE LA CONCEPCIÓN DEL MUNDO, <i>por</i> THOMAS KUHN	253
PROBLEMAS DEL EMPIRISMO, <i>por</i> PAUL K. FEYERABEND	279
✓ LO QUE LAS TEORÍAS NO SON, <i>por</i> HILARY PUTNAM	312
✓ TÉRMINOS OBSERVACIONALES, <i>por</i> PETER ACHINSTEIN	330
✓ TÉRMINOS TEÓRICOS, <i>por</i> PETER ACHINSTEIN	355
TEORÍA Y OBSERVACIÓN, <i>por</i> MARY HESSE	382
LA TEORÍA Y LA OBSERVACIÓN, <i>por</i> ERNEST NAGEL	416

poco es absoluta; depende del conocimiento disponible en cada estadio del desarrollo científico y tecnológico, y cambia conforme la ciencia y la tecnología progresan. Por último, debemos resaltar la importancia de que subsista una genuina base de contrastación para las teorías, a pesar de que toda observación esté impregnada de teoría. Un análisis adecuado de la ciencia y de su desarrollo debe basarse en nociones de teoría y observación que le permitan explicar cómo es esto posible.

EL PROBLEMA DE LOS TÉRMINOS TEÓRICOS*

DUDLEY SHAPERÉ

I. EL PROBLEMA DE LOS TÉRMINOS TEÓRICOS

Aut. ecclésiast. Hume

No debe suponerse que los problemas de la filosofía de la ciencia del siglo XX eran totalmente desconocidos para la filosofía anterior. Por ejemplo, el problema del significado de los términos teóricos, que ahora tratamos, tiene sus raíces en los escritos del gran filósofo escocés David Hume (1711-1776). En las primeras páginas de su *Tratado de la naturaleza humana* Hume distinguió entre “ideas” e “impresiones”, afirmando (prematuramente, como veremos): “creo que no será muy necesario utilizar muchas palabras para explicar esta distinción”. Dividió a cada una de estas dos clases en “simples” y “complejas”: “Las percepciones o impresiones y las ideas simples son tales que no admiten distinción o separación. Las complejas son las contrarias a éstas, y pueden descomponerse en partes. Aunque un color, sabor y olor particulares son cualidades unidas todas juntas en esta manzana, es fácil percibir que no son la misma, sino que son por lo menos distinguibles una de la otra.” Después de hacer este par de diferencias, Hume sostuvo que “todas nuestras ideas simples en su primera aparición se derivan de impresiones simples, que corresponden a ellas y a las que representan exactamente”. Esto es, todas nuestras ideas deben venir en última instancia de impresiones (experiencia), ya sea directamente (como en el caso de todas las ideas simples) o indirectamente (como en el caso de las ideas complejas construidas a partir de las simples); no podemos tener ninguna idea, no importa cuán fantástica o imaginativa, a la que no pueda señalársele un origen en la experiencia. Como argumento para sostener esta afirmación, Hume anotó: “siempre que

* Este ensayo se publicó originalmente como introducción en D. Shapere (ed.), *Philosophical Problems of Natural Science*, Londres, The Macmillan Co., 1965. La presente versión comprende sólo las secciones II a VII del texto original y se publica con permiso del autor. La traducción es de Jorge Issa González.

por algún accidente se obstruyen las operaciones de las facultades que hacen surgir las impresiones, como cuando alguien nace ciego o sordo, se pierden no sólo las impresiones sino también sus ideas correspondientes; de manera que nunca aparecen en la mente ni los más mínimos trazos de ellas”.

Acuerdo Hoy en día existe un acuerdo generalizado de que Hume mezcló en su argumento consideraciones psicológicas irrelevantes acerca de los orígenes de nuestras ideas, y que el meollo importante de su discusión es el punto de vista de que todos los términos con significado deben ser exhaustivamente definibles por un conjunto de términos elementales que se refieran a elementos simples de la experiencia, elementos que en la filosofía del siglo XX han sido llamados generalmente “datos sensoriales” (*sense-data*). Con esta modificación, el intento de Hume para fundar sólidamente la significación en la experiencia, anticipaba ya algunas respuestas modernas a un problema que ha llegado a ser conocido, en la forma particular que toma en la filosofía de la ciencia, como el problema del significado de los términos teóricos.

Origen del problema
Ejemplos
Este problema surge para los filósofos de la ciencia de la siguiente manera. Algunos términos que ocurren en las teorías científicas parecen referirse a clases de entidades o procesos o conducta que no son directamente observables. Algunos ejemplos clásicos son ‘fuerza’, ‘campo’, ‘átomo’, ‘gen’, ‘subconsciente’, ‘impulso’; usualmente términos tales como ‘magnético’, ‘soluble’, ‘elástico’, ‘esquizofrénico’ e ‘inteligente’ también se han clasificado como no-observacionales, puesto que parecen referirse a “tendencias” o “poderes” o “disposiciones” de entidades más que a un comportamiento abiertamente manifiesto. A todos estos términos no-observacionales se les ha llamado, más positivamente, términos “teóricos”. Ahora bien, hay una larga tradición en la filosofía que ha visto con sospecha las entidades a las que supuestamente se refieren estos términos; pues se supone que la ciencia sólo se ocupa de lo que es observable y no de entidades “metafísicas” que pueden o no existir detrás de los escenarios de la experiencia pero que en ningún caso pueden ser observadas. Y además, como señaló Hume, ¿cómo pueden esos términos tener un significado más allá de lo que pueda decirse en términos de la experiencia? Así, un gran número de filósofos, impresionados por dichos argumentos, han sostenido que, a pesar de las apariencias, esos términos realmente no se refieren a

entidades inobservables sino que son completamente definibles en términos de la experiencia. Así, todo lo que se diga por medio de ellos puede decirse igualmente bien sin utilizarlos: son prescindibles y, por lo tanto, deben tener una función puramente práctica en la ciencia, por ejemplo la de sintetizar convenientemente lo que si fuera expresado en lenguaje puramente observacional sería excesivamente complicado y tendría que decirse con muchos rodeos. Bertrand Russell se refirió a las entidades teóricas como “construcciones lógicas”, y su programa para la filosofía de la ciencia consistió en mostrar que los términos teóricos no denotan entidades o poderes más allá de la experiencia, sino conceptos contruidos por medio de las herramientas de la lógica matemática, a partir de elementos puramente empíricos (datos sensoriales): prescribió que “siempre que sea posible, las entidades que se infieren deben sustituirse por construcciones lógicas”.¹

Attractivo
Este punto de vista es muy atractivo puesto que borra gran parte del misterio que rodea a la relación entre “teoría” y “hecho” en la ciencia; ya que las teorías son, bajo esta interpretación, meras síntesis taquigráficas de enunciados que se refieren únicamente a observaciones efectivas o posibles (observaciones “posibles” tanto como “de hecho”, puesto que los eventos a que se refieren pueden no estar ocurriendo en el presente, por ejemplo, pueden haber sido predichos y la predicción puede incluso resultar incorrecta; dichos eventos son, por lo tanto, inobservados, aunque, sin embargo, observables).

Estas consideraciones pueden ahora ponerse en la forma de una tesis general, pero precisa, en la que pueden basarse nuestras siguientes discusiones. Supongamos que el vocabulario de cualquier teoría científica puede dividirse en dos clases mutuamente excluyentes: 1] una que consiste en términos “observacionales” y 2] otra que consiste en todos los otros términos de la teoría, a éstos los llamaremos términos “no-observacionales” o “teóricos”. (Más adelante tendremos que cuestionar la suposición de que puede hacerse una distinción tan tajante.) El punto de vista que hemos discutido puede sintetizarse así:

¹ Bertrand Russell, “The Relation of Sense-Data to Physics”, en *Mysticism and Logic*, Londres, Georg Allen & Unwin Ltd., 1951, p. 155. [Traducción al español: *Misticismo y lógica*, Buenos Aires, Paidós, 1967.]

TESIS | TESIS I. Toda expresión perteneciente al vocabulario teórico o no-observacional de una teoría científica es sustituible (y debe serlo, si es que no ha de carecer de significado), sin ganancia ni pérdida de significado, por un conjunto de términos pertenecientes únicamente al vocabulario observacional.

Nótese que en nuestra formulación de la Tesis I no se ha dicho nada acerca del carácter de los términos que ocurren en el vocabulario observacional. Para muchos de los seguidores de Hume a principios del siglo XX, esos términos deberían ser términos que se refirieran a datos sensoriales. Pero por las grandes dificultades que hay en la noción de un vocabulario de datos sensoriales, es más conveniente parafrasear la tesis de esta manera general para dar cabida a puntos de vista alternativos sobre las clases de términos que han de clasificarse como "observacionales"; pues, entre otras cosas, se ha encontrado que es extremadamente difícil especificar exactamente cómo decidir cuáles términos deben contar como términos de datos sensoriales, o dar ejemplos claros de ellos; y por ello la concepción de los datos sensoriales ha encontrado pocos seguidores en los últimos veinte o treinta años. Hay otros puntos de vista acerca de la naturaleza de un vocabulario observacional que han sido más populares; al seleccionar uno de ellos para un estudio detallado, podremos hacer ver algunas objeciones que han surgido contra cualquier forma de la Tesis I.

II. EL OPERACIONALISMO COMO UNA VERSIÓN DE LA TESIS I

La concepción que discutiremos es el operacionalismo (u operacionismo), propuesto primeramente por P. W. Bridgman en *The Logics of Modern Physics* (1927). Bridgman pregunta "¿Qué queremos decir por la longitud de un objeto? Evidentemente sabemos lo que queremos decir por longitud, si podemos decir cuál es la longitud de cualquiera y de todos los objetos, y el físico no requiere más que esto. Para conocer la longitud de un objeto, debemos hacer ciertas operaciones físicas. Así, se fija el concepto de longitud cuando se fijan las operaciones por medio de las cuales se mide la longitud: esto es, el concepto de longitud incluye tanto como, pero no más que, el conjunto de operaciones por medio de las cuales se determina la longitud. En general, cualquier concepto sólo significa

un conjunto de operaciones; el concepto es sinónimo del conjunto correspondiente de operaciones. Si el concepto es físico, como el de longitud, las operaciones son operaciones físicas efectivas [...] o si el concepto es mental, como el de continuidad matemática, las operaciones son mentales, a saber, aquellas mediante las cuales determinamos que un agregado de una magnitud es continuo."² Entonces, la versión de Bridgman de la Tesis I es que todo término científico con significado debe ser o bien exhaustivamente definible en términos de un conjunto específico y no ambiguo de operaciones posibles, o bien ser él mismo un término que denote una de tales operaciones.

Hay dificultades serias con esta concepción. Primero, ¿qué se quiere decir con 'operación'? Pensamos primero en manipulaciones de instrumentos; pero como indica la cita de Bridgman, esto no es suficiente para dar cuenta de la significación de todos los conceptos científicos: los operacionalistas tuvieron que admitir también variedades de operaciones no instrumentales. Pero, como Hempel ha señalado en relación con tales operaciones no instrumentales: "En los escritos operacionistas, estos procedimientos simbólicos se han caracterizado tan vagamente que permiten la introducción (mediante una elección apropiada de operaciones "verbales" o "mentales") de casi todas aquellas ideas que el análisis operacional prohibiría por carecer de significado."³

En segundo lugar, aunque podamos clarificar la noción de una operación, ¿qué se quiere decir con un operación "posible" en oposición a una "imposible"? Hay tres interpretaciones que surgen por sí mismas. 1] Una operación propuesta puede ser técnicamente imposible, en el sentido de que es posible de acuerdo con la teoría prevaeciente, pero no se sabe ninguna manera de efectuar realmente la operación. Pero esto claramente no haría justicia a lo que tiene en mente el operacionalista: no quisiéramos decir que la expresión "fotografiar el otro lado de la Luna" carecía de significado hasta que quedó resuelto el problema técnico de tomar una fotografía por medio de un satélite que cargara una cámara alrededor de la Luna. 2] El sentido relevante puede ser entonces el

² P. W. Bridgman, *The Logic of Modern Physics*, Nueva York, The Mac-Millan Co., 1946, p. 5.

³ C. G. Hempel, "A Logical Appraisal of Operationism", en P. Frank (ed.) *The Validation of Scientific Theories*, Boston, The Beacon Press, 1956, p. 57.

de la posibilidad o imposibilidad *teórica*: una operación es posible o imposible dependiendo de si es permisible en términos de la teoría científica prevaleciente (independientemente del "problema puramente técnico" de si podemos llevarla a cabo). Así, aunque no sea técnicamente posible (todavía) viajar a estrellas lejanas, en términos de las leyes de la física que ahora se conocen no se excluye esa posibilidad; los viajes interestelares son "teóricamente posibles". Pero si se tomara este sentido de 'posible' como el que es relevante para la concepción operacionista, se pondría una seria restricción a la capacidad de progreso de la ciencia según los criterios operacionistas, pues la especulación en términos de "operaciones" no apoyadas en la teoría prevaleciente no sólo sería tachada de falsa sino que sería considerada como un puro galimatías. Y ciertamente gran parte del progreso científico ha consistido en la introducción de nuevos conceptos que no tenían sentido de acuerdo a teorías previas. No podemos escapar a esta objeción recurriendo a la idea de leyes de la naturaleza (sean o no conocidas) —en vez de recurrir a las leyes conocidas por la ciencia prevaleciente— para especificar lo que es y lo que no es posible, ya que como nunca podemos saber si nuestras leyes actuales son las leyes verdaderas de la naturaleza, nunca podemos saber, con respecto a una operación propuesta que no ha sido llevada a cabo, si ésta es posible en este sentido y, así, si estamos diciendo puras tonterías. 3] Tampoco sirve interpretar 'posible' en términos de "lo que no es lógicamente autocontradictorio", pues el resultado sería demasiado amplio. Una afirmación como "La Tierra está en reposo en el espacio absoluto", que contiene la expresión 'espacio absoluto', a la que el operacionismo trató de hacer desaparecer, es perfectamente consistente desde el punto de vista lógico. Y el mismo término 'espacio absoluto', aunque tiene otros defectos, por lo menos no parece ser autocontradictorio. *Condición* Es claro que lo que necesita el operacionismo es un sentido de 'posible' intermedio entre "posible en términos de leyes actualmente conocidas" (que excluye en demasía) y 'posible' en el sentido de "lógicamente no-contradictorio" (que incluye en demasía). El problema es cómo especificar este sentido intermedio clara y precisamente.⁴

⁴ Surgen dificultades similares con respecto a la "Teoría verificacionista del significado" según la cual el significado de una oración (en vez del de un

Sin embargo, lo que más nos interesa aquí es el problema de si los conceptos científicos pueden ser en general exhaustivamente definidos en términos operacionales; y así podemos, por mor del argumento, suponer que objeciones como las precedentes, que tienen que ver con la dificultad de simplemente comprender lo que afirma el operacionismo, pueden ser superadas. El problema de si todos los conceptos científicos pueden definirse exhaustivamente en términos operacionales es, por supuesto, sólo un caso especial del problema general referente a la Tesis I, a saber, el de si todos los términos teóricos de una teoría científica pueden definirse exhaustivamente en términos de un vocabulario observacional, cualquiera sea la manera como éste se conciba. Hempel en "El dilema del teórico" presenta y evalúa muchos de los principales argumentos a favor y en contra de esta tesis, de una manera que es, como él dice, "independiente de dónde se trace precisamente la línea divisoria entre los términos de los vocabularios observacional y teórico".

III. LA LÓGICA COMO MODELO Y HERRAMIENTA PARA LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

Antes de examinar algunas de las concepciones y problemas discutidos por Hempel, hagamos notar algunos aspectos generales sobre la manera en la que él y aquellos a los que él se refiere enfocan sus problemas (sus concepciones de las tareas que deben llevar a cabo y de las técnicas que deben utilizar para ello). Característico de su obra y seguramente de la mayor parte del trabajo hecho en la filosofía de la ciencia de este siglo, es su amplio uso de las técnicas modernas de la lógica matemática: los problemas se formulan cuando es posible, en términos de esa lógica, y uno de los criterios del éxito de un análisis es el grado en que se lleva a cabo en términos de esa lógica. Rudolf Carnap, en cuyas obras se originan muchas de las discusiones contemporáneas del problema de los términos teóricos (como también muchos otros problemas de la filosofía de la ciencia), hablaba de su materia como "la lógica de la ciencia" y hasta llegó a afirmar que toda la filosofía es (o debe ser sustituida por) la lógica de la ciencia. Para comprender la idea que

término, como en el operacionismo) debe especificarse en términos de un conjunto de métodos de verificación *posibles*.

hay detrás de esta expresión, será necesario estudiar la distinción trazada a menudo en los textos de lógica elemental entre el "contenido" de una proposición o argumento y su "forma", ocupándose la lógica sólo de ésta última. Así, a la lógica no le interesa la verdad o falsedad de afirmaciones tales como "Todos los griegos son hombres" o "Todos los hombres son mortales", ni el hecho de que estas afirmaciones específicas impliquen la conclusión de que "Todos los griegos son mortales". En vez de eso, la lógica se ocupa de la *forma* general de la proposición ("Todos los *S* son *P*") y del argumento ("Todos los *S* son *P*, todos los *P* son *Q*; por lo tanto todos los *S* son *Q*") de los cuales esas afirmaciones y argumentos específicos son meras instanciaciones. La lógica moderna se enfrenta con éstas y con otras formas mucho más complejas de afirmaciones y argumentos en términos simbólicos, y estudia sus características generales (también estudia los conceptos que se usan al hablar sobre dichas afirmaciones y argumentos, por ejemplo, "verdad" y "prueba").

De manera similar, "la lógica de la ciencia" se concibe como la disciplina que trata, no de la verdad o falsedad de las proposiciones particulares de la ciencia (el "contenido" de la ciencia) —ese es el trabajo del científico— sino de los tipos o formas generales de las expresiones que usa la ciencia, de las reglas generales según las cuales se llega a las conclusiones correctas en la ciencia, y de los conceptos usados al discutir expresiones y argumentos científicos (por ejemplo, "significante", "explicación", "ley"). En cuanto a las clases de términos que dan el "contenido" a esta "forma", la lógica de la ciencia se interesa sólo en el estudio de las reglas generales que establecen qué clase de contenido puede utilizarse (por ejemplo, la regla de que los términos que llenan los lugares-de-contenido de las formas lógicas de las proposiciones científicas deben denotar "operaciones" o ser "definibles operacionalmente"). De ahí se sigue que la filosofía de la ciencia, así concebida, es inmune a las vicisitudes de la ciencia, al ir y venir de teorías particulares, pues esos cambios se refieren al contenido de la ciencia, mientras que el filósofo se ocupa de su estructura; no de las teorías específicas, sino del significado mismo de "teoría".

Pero la "lógica de la ciencia" no está sólo modelada como una disciplina análoga a la lógica matemática moderna, también utiliza las técnicas poderosas de esa lógica al enfrentarse a sus problemas. Tal uso de la lógica se muestra claramente en los argumentos

de Rudolf Carnap, discutidos por Hempel, en el sentido de que los conceptos teóricos no pueden generalmente ser definidos exhaustivamente y, por lo tanto, ser sustituidos por un conjunto de afirmaciones observacionales (por ejemplo, por definiciones operacionales). Para poder entender esos argumentos, debemos entonces primero entender algunas de las más sencillas nociones y técnicas lógicas relevantes.

Los lógicos usan las letras '*p*' y '*q*' (y otras si es necesario) en lugar de las proposiciones o enunciados que son verdaderos o falsos, en vez de escribirlos completos. Esto permite un ahorro de espacio y, al prescindir así del "contenido" de las proposiciones, llama la atención sobre la forma o estructura de un argumento. Estas letras, a su vez, están unidas unas a otras por varios otros símbolos, llamados "conectivos", para poder construir proposiciones más complejas. Para nuestros propósitos, el conectivo lógico más importante es ' \supset '. El lógico *define* este símbolo de manera tal que la proposición ' $p \supset q$ ' es falsa siempre que '*p*' sea verdadera y '*q*' falsa (sin importar cuáles enunciados sustituyan a '*p*' y '*q*'). En este sentido, ' $p \supset q$ ' corresponde a la expresión 'si-entonces', que funciona en el lenguaje ordinario como un conectivo: un enunciado como "Si Juan tiene éxito entonces María está contenta" es falso si "Juan tiene éxito" es verdadero pero "María está contenta" es falso. Así, con base en esta correspondencia, ' $p \supset q$ ' puede leerse 'Si *p* entonces *q*'. En cualquier otro caso ('*p*' verdadera, '*q*' verdadera; '*p*' falsa, '*q*' verdadera; '*p*' falsa, '*q*' falsa) la proposición ' $p \supset q$ ' se define como verdadera.

Nótese que la verdad o falsedad de la proposición ' $p \supset q$ ' está determinada completamente sin importar *cuál* de las posibilidades con respecto a '*p*' y '*q*' sucede en la naturaleza. Todos los conectivos que se utilizan en la lógica matemática moderna comparten esta característica: cuando unen dos proposiciones para formar una más compleja, la verdad o falsedad del compuesto que resulta está determinada en todo los casos posibles por la verdad o falsedad de las partes componentes. (A dichos conectivos se les llama "veritativo-funcionales"; a veces se utiliza la palabra 'extensional' para referirse a esta característica.) En este sentido, así como la lógica es independiente de los significados de los enunciados sustituidos por '*p*' y '*q*', es también independiente de lo que efectiva-

mente sea el caso; encontrar esto es la tarea de la observación, y en particular de la ciencia.

Por otra parte, no todos los conectivos utilizados en el lenguaje ordinario tienen esta característica "veritativo-funcional"; un ejemplo es la noción de conexión causal, expresada por las palabras 'causa' o 'porque'. Aunque sepamos que es verdad que "Jones murió" y que "Jones tenía cáncer", la verdad de "Jones murió porque tenía cáncer" permanece indeterminada (lo pueden haber asesinado). Ahora bien, a menudo la expresión 'si-entonces' se utiliza en el discurso ordinario para expresar una relación causal. Lo que esto significa es sencillamente que 'si-entonces' como lo usa el lógico —el conectivo ' \supset '— no expresa conexión causal. Porque los lógicos optan por los conectivos que sí tienen la propiedad veritativo-funcional, es que pueden concentrarse en aquellas facetas de los argumentos cuya corrección depende totalmente de la forma o de la estructura, y no del contenido de las proposiciones involucradas.

La interpretación del lógico de 'si-entonces' tiene, sin embargo, ciertas consecuencias peculiares desde el punto de vista del lenguaje ordinario: puesto que es falso que Chicago esté en Ohio, y verdadero que dos más dos es igual a cuatro, la definición lógica de ' \supset ', interpretada como 'si-entonces', hace que el enunciado "Si Chicago está en Ohio entonces dos más dos es igual a cuatro" sea verdadero. De manera similar, "Si Chicago está en Illinois entonces dos más dos es igual a cuatro" y "Si Chicago está en Ohio entonces dos más dos es igual a seis" son verdaderos. Estas consecuencias pueden hacer parecer arbitraria y perversa la utilización del lógico de 'si-entonces', e inadecuada como un análisis del uso ordinario (y científico) de 'si-entonces'; y en efecto, veremos que muchos de los problemas de la filosofía moderna de la ciencia, según algunos críticos, han sido provocados por la utilización de esta interpretación de 'si-entonces'. Pero debe recordarse que esta interpretación ha ayudado a los lógicos a lograr resultados muy notables: la noción de "implicación" asociada a ' \supset ' (como cuando decimos que ' p ' implica ' q ' en el sentido de que si ' p ' es verdadera entonces ' q ' debe serlo también) ha ayudado a relacionar íntimamente la lógica con las matemáticas y ha llevado a importantes descubrimientos en ambos campos; y aunque pueden existir algunos tipos de argumentos considerados normalmente válidos que no caen bajo

esta noción de implicación, la gran variedad de argumentos que sí caen bajo ella son tratados de manera muy satisfactoria. Además queda la posibilidad de que los argumentos de los cuales aún no se ha dado cuenta satisfactoriamente en términos de esta noción, caerán a final de cuentas bajo su jurisdicción. Por otra parte, nadie ha presentado otra interpretación alternativa (por ejemplo, en términos de "conexiones causales") que se juzgue siquiera clara.

Se necesita un conectivo más para las siguientes discusiones: ' $p \equiv q$ ', que puede interpretarse como ' p si y sólo si q ' (o bien, 'si p entonces q , y si q entonces p ', tomando 'si p entonces q ' en el sentido anteriormente mencionado). ' $p \equiv q$ ' será verdadero si ' p ' y ' q ' son verdaderas ambas, o si ambas son falsas; en los dos casos restantes, la proposición será falsa.

IV. CRÍTICA DE LA TESIS I. INTERPRETACIÓN PARCIAL Y LA TESIS II

Podemos volver ahora a la crítica de Carnap de la Tesis I, a sus razones para afirmar que es imposible definir los términos teóricos exhaustivamente por medio de expresiones estrictamente observacionales. Consideremos las definiciones operacionales. Si las concebimos como reglas para la sustitución de los términos teóricos por los observacionales, podemos suponer que siguen este patrón: se dirá que un individuo x tiene una propiedad Q (donde ' Q ' es un término teórico) si y sólo si es verdadero el enunciado "Si se efectúa la operación C sobre x entonces x tendrá los efectos E ". El enunciado " x tiene la propiedad (teórica) Q " se sustituye entonces sin ganancia ni pérdida de significado por el enunciado "operacional" 'si-entonces'. Por ejemplo, se dirá que este objeto es magnético si y sólo si se satisface la siguiente condición: si se coloca un pequeño trozo de hierro cerca de este objeto entonces el trozo de hierro se moverá hacia el objeto. Si interpretamos aquí 'si-entonces' y 'si y sólo si' según la manera de la lógica, la "definición operacional" puede simbolizarse ' $Qx \equiv (Cx \supset Ex)$ '.⁵

⁵ Vemos aquí una de las ventajas de la simbolización: si esta fórmula se escribiera en palabras ordinarias, tendría la siguiente forma poco manejable " x tiene la propiedad Q si y sólo si, si x se somete a las condiciones de prueba C , muestra la respuesta E ". Como es típico en discusiones sobre este tema, el ejemplo que se da se refiere a una propiedad (la propiedad disposicional magnetismo) más que a una entidad (por ejemplo, campo electromagnético o

Resultado Desafortunadamente, como lo señaló Carnap, si interpretamos 'si-entonces' en el sentido del lógico como en esta fórmula, llegamos a un resultado desastroso, pues si *no* se efectúa la operación C sobre x (de manera que ' Cx ' es falso), ' $Cx \supset Ex$ ' es verdadero, como vimos en la sección anterior; y puesto que ' $Qx \equiv (Cx \supset Ex)$ ' es verdadero por definición estamos obligados a decir que x tiene la propiedad Q —y por lo tanto que la tiene en un grado determinado— siempre que no se efectúe sobre él la operación C ! Pero mientras que podríamos estar dispuestos a decir que un objeto tiene peso aun cuando no se le esté pesando, no queríamos decir que siempre que no se le está pesando tiene un peso de diez y de veinte kilos a la vez. Sin embargo, esto es lo que estaríamos obligados a decir según la interpretación anterior: si ' Cx ' es falso entonces ' $Cx \supset Ex$ ' es verdadero *sin importar lo que sustituyamos por ' Ex '*; y si ' $Cx \supset Ex$ ' y ' $Qx \equiv (Cx \supset Ex)$ ' son verdaderos entonces (por la definición de ' \equiv ') ' Qx ' debe ser verdadero. De manera similar, tendríamos que decir que un objeto es magnético siempre que no se le esté haciendo una prueba de magnetismo; y en este caso (en contraste con el del peso), no queríamos decir que todos los objetos que no estén siendo sometidos a una prueba de magnetismo son magnéticos; y aun los objetos con respecto a los cuales queríamos decir que son magnéticos en ocasiones en las que no estén sujetos a dichas pruebas, también queríamos decir de ellos que podrían no ser magnéticos. Pero esto es justamente lo que nos impediría sostener la interpretación anterior: porque si ' Cx ' es falso (si no se están aplicando las pruebas de magnetismo), entonces *debemos* decir que ' Qx ' es verdadero (que x es magnético).

Origen de la dificultad
2 Se han propuesto dos posibles fuentes de esta dificultad: o bien la interpretación del lógico de 'si-entonces' no tiene el sentido adecuado para el enunciado operacional (o, más precisamente, para el enunciado observacional a la derecha del signo ' \equiv '); o bien ese uso de 'si-entonces' es relevante, pero está equivocada nuestra concepción de la relación entre términos teóricos y observacionales como una relación en la que puede haber sustitución mutua (es decir, como ' $Qx \equiv (Cx \supset Ex)$ '). Como hemos indicado, la primera

subconsciente). El problema de los términos teóricos que pretenden referirse a entidades es menos fundamental que el de los términos teóricos que atribuyen propiedades a entidades, si suponemos (como parece hacerse usualmente) que podemos considerar a las entidades como colecciones de propiedades (específicamente, de propiedades disposicionales).

propuesta no ha llevado a ninguna solución ampliamente aceptada: hasta ahora ninguna interpretación del sentido relevante de 'si-entonces' en términos de "conexión necesaria", "conexión física", "conexión real" y así por el estilo, ha sido ampliamente aceptada siquiera como prometedor.

Carnap eligió la segunda alternativa, y su elección es típica del enfoque anteriormente mencionado (sec. III), de acuerdo con el cual, frente a las dificultades, muchos filósofos de la ciencia contemporáneos tratarán de reformular sus argumentos y resultados antes de abandonar el terreno seguro de la lógica. Por lo tanto, Carnap propuso que los términos teóricos y observacionales están relacionados, no por medio de definiciones explícitas de los primeros en términos de los últimos, sino por "enunciados de reducción" que sólo dan una interpretación parcial del término teórico. El tipo de enunciado de reducción más sencillo es el siguiente: ' $Cx \supset (Qx \equiv Ex)$ ', es decir "Si las condiciones de prueba C se aplican a x entonces x tiene la propiedad Q si y sólo si x manifiesta la respuesta E ." Aquí, si no se aplican las condiciones de prueba C , x no tiene necesariamente Q , y desaparecen las dificultades antes mencionadas. Se da sólo una "interpretación parcial" de ' Q ' en el sentido de que esta nueva formulación especifica el significado de ' Q ' sólo para los objetos que satisfacen las condiciones de prueba C ; se deja abierto el significado de ' Q ', en el sentido de que siempre es posible añadir más enunciados de reducción, ofreciendo más condiciones y respuestas para probar la presencia de Q .⁶

El caso del neutrino
6 La carencia de una definición operacional de un término, y aun la supuesta imposibilidad de darla, de hecho no siempre disuade a los científicos de aceptar el concepto, si cumple alguna función importante en la teoría. El ejemplo más famoso de este tipo fue la aceptación dentro de la física de la noción de la partícula elemental llamada "neutrino", a pesar de que casi todos los científicos de esa época pensaban que la conjunción peculiar de las propiedades que se atribuían a esa entidad hacían imposible su observación. Pero los físicos hubieran tenido que abandonar el principio de conservación de la energía a menos que se supusiera la existencia de tal entidad; y el abandono de dicho principio, el cual tiene tan amplia aplicación y es tan fundamental en toda la física, hubiera implicado derribar la mayor parte de esa ciencia.

Sobre esta base (a pesar de la supuesta imposibilidad de observar la partícula o cualquiera de sus efectos, que no fuera aquél para cuya explicación se introdujo, —es decir que su introducción fue una maniobra *ad hoc*), se postuló una partícula inobservable, el neutrino, para explicar el desequilibrio de energía observado en ciertos procesos radiactivos. (El hecho de que el neutrino fuera detectado más tarde no cancela el hecho de que, cuando se introdujo,

El argumento anterior contra la Tesis I ha conducido así al abandono de esa tesis y a sustituirla por una nueva concepción de la relación entre los términos observacionales y los teóricos. Se conserva la distinción entre esas dos clases de términos (aunque los argumentos se expresan cuidadosamente para evitar las dificultades de hacer realmente tal distinción); ahora la relación se concibe de la siguiente manera:

TESIS II. Algunas de las expresiones que ocurren en una teoría científica sólo pueden ser parcialmente interpretadas en términos del vocabulario observacional.

Así, los términos del vocabulario teórico no son prescindibles, ni siquiera en principio; hay elementos de significado en los conceptos de una teoría científica que van más allá de lo que es dado en la experiencia. Sin embargo, de acuerdo con lo que propone esta posición, esto no significa un retorno a la concepción que sostiene que la mente humana tiene un acceso especial a la realidad más allá de la experiencia; pues (se sostiene que) puede darse cuenta de todo el significado de un concepto que no tiene una base en la experiencia en términos del lugar que ocupa ese concepto en un sistema lógico (cf. adelante secc. VI).

El problema de si Carnap tiene razón y la Tesis I es errónea, sin embargo, se complica por un teorema de la lógica matemática probado por William Craig. Según este teorema, si el lenguaje de una teoría científica (exceptuando términos "puramente lógicos" tales como '⊃' y '≡' [cf. adelante secc. VI]) se divide en dos clases mutuamente excluyentes (términos observacionales y términos teóricos), siempre es posible sustituir ese lenguaje por otro en el que no ocurra ninguno de los términos del vocabulario teórico. Por lo tanto, parecería que después de todo puede defenderse la Tesis I (aunque en una forma modificada, puesto que ahora se sustituye el lenguaje en su totalidad y no expresiones particulares de él).

muchos de los que lo aceptaron pensaban que era imposible observarlo. En efecto, este caso muestra la dificultad para determinar, en cada momento de la historia de la física, qué es lo "observable" y qué no lo es.) Así, tampoco se sostiene la exigencia del operacionalismo extremo de que *cada* concepto científico sea definible operacionalmente. Como se verá posteriormente, Carnap estaría de acuerdo con este punto: no todos los términos de una teoría científica están siquiera parcialmente interpretados; algunos sólo se relacionan en un sistema lógico con otros términos, algunos de los cuales están parcialmente interpretados.

Pero, como dice Hempel en su artículo "El dilema del teórico", el Teorema de Craig no hace realmente más aceptable la Tesis I pues, en general, el nuevo lenguaje que sustituye al que contiene los términos teóricos tendrá (entre otras) la nada provechosa característica de contener un número infinito de axiomas, y así fracasa en proporcionar la deseada clarificación del sistema original.

V. TÉRMINOS TEÓRICOS VS. TÉRMINOS OBSERVACIONALES: TESIS III

Uno de los motivos principales tras el intento de defender la distinción entre los términos teóricos y los observacionales ha sido el deseo de explicar cómo puede ponerse a prueba una teoría en contra de los datos de la experiencia, y cómo se puede decir que una teoría "da cuenta de los hechos" mejor que otra; es decir, cómo puede hacerse una caracterización precisa de la idea, aceptada casi universalmente en la modernidad,⁷ de que las ciencias se "basan en la experiencia", que son "empíricas". Así, los que se adhieren a las Tesis I y II han razonado de la siguiente manera: es posible llevar a cabo la prueba de una teoría científica si y sólo si existen por lo menos algunos términos — o al menos algunos componentes distinguibles de los significados de algunos términos que ocurren en la teoría — que al referirse a elementos de la experiencia que son independientes de la teoría tienen un significado independiente de su contexto teórico; y es posible llevar a cabo la comparación de distintas teorías científicas si y sólo si existen por lo menos algu-

⁷ Aceptada *casi* universalmente: no es desconocida en la filosofía moderna la concepción de que, si usamos nuestra "razón" con suficiente cuidado, podremos descubrir, independientemente de cualquier apelación a la experiencia, ciertas verdades fundamentales acerca del universo, a partir de las cuales pueden deducirse otras verdades (incluyendo tal vez toda la ciencia). En este siglo, variando el tema un poco, E. A. Milne y Sir Arthur Eddington han sostenido que el método empírico en sí mismo implica las leyes de la ciencia: si analizamos ese método con suficiente cuidado, llegará a ser prescindible como camino para obtener conclusiones científicas. Milne afirma, por ejemplo, que "tan pronto como hemos establecido exacta y cuidadosamente cómo llegamos a percatarnos de los aspectos cuantitativos de un fenómeno, entonces automáticamente, dada la habilidad, debemos poder inferir todas las relaciones que existen entre esos aspectos cuantitativos." [E. A. Milne, "The Fundamental Concepts of Natural Philosophy", *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, LXII (1943-1944), Parte I; reimpresso en M. Munitz (ed.), *Theories of the Universe*, Glencoe, The Free Press, 1957, pp. 358-359.]

nos términos (o componentes) que tengan el mismo significado en las dos teorías diferentes. Si no existe dicho significado común, las teorías no hablan de las mismas cosas y por lo tanto no pueden compararse con respecto a su adecuación. Desde este punto de vista, aunque la distinción entre términos "teóricos" y "observacionales" no sea muy clara debe haber, sin embargo, alguna superposición de significados entre las diferentes teorías si han de ser comparables.

Muchos autores, incluso algunos de los que aceptan la Tesis II, han llegado a dudar de que la distinción sea tan clara como lo suponían muchos filósofos de los años veinte y treinta. Después de todo, ¿exactamente bajo qué circunstancias estamos "meramente observando" y no "interpretando" a la luz de la "teoría"? En un extremo, cuando hacemos juicios acerca de las distancias con base en tamaños aparentes relativos, ¿estamos suponiendo (tal vez "inconscientemente") un conocimiento de la geometría del espacio? ¿Estamos meramente "observando" cuando vemos a través de un microscopio, aunque el microscopio tenga incluida "dentro de sí" una gran cantidad de conocimiento teórico de la óptica? (¿Están "impregnadas" de teoría dichas observaciones —y todas las observaciones— por lo menos en un cierto grado?) Y en el otro extremo, acerca de los términos clasificados típicamente como "teóricos", ¿no "observan" los científicos, después de todo, átomos y protones e incluso neutrinos? (¿O sólo observan sus efectos? Pero aunque nunca podamos observarlos, sino sólo sus efectos, ¿es esto suficiente para clasificarlos como "teóricos"?, pues algunos filósofos han sostenido que nunca observamos ningún objeto material, sino que sólo podemos observar los efectos que tienen en nuestros sentidos o nuestras mentes.) Pero incluso, aunque usualmente hagamos en efecto una distinción entre el lenguaje teórico y el observacional, ¿es relevante para el análisis de la ciencia en el profundo sentido que le atribuyen a dicha distinción los que se adhieren a las Tesis I y II? Pues, como señala Pierre Duhem, al contestar una pregunta el científico no dirá (por ejemplo) que "estudia las oscilaciones del trozo de hierro que lleva este espejo", dirá en vez de eso que está "midiendo la resistencia eléctrica de una bobina". Es decir, aun cuando informan sobre sus "observaciones", los científicos no utilizan aquello a lo que en sentido usual nos referimos como un lenguaje de "observación" en un sentido puro. En vez de ello utilizan el lenguaje que presupone una gran comprensión de la teoría científica.

A la luz de este tipo de consideraciones, algunos filósofos recientes han afirmado que la distinción entre los términos observacionales y los teóricos es una cuestión de grado y no de división de clases, así que una tajante línea divisoria entre ellos sería arbitraria en el peor de los casos, y en el mejor, sólo una conveniente convención en donde la posición de la línea de separación variaría de persona a persona y de contexto a contexto; en particular, el reporte de observación del científico estará relativamente muy impregnado de teoría. Así, los que abogan por la Tesis II, dándose cuenta de que la distinción puede no ser absoluta, han tratado últimamente de formular sus argumentos de maneras que sean independientes respecto de la forma en que ha de hacerse la distinción.

Sin embargo, otros autores han ido aún más lejos sosteniendo que todos los términos en un teoría científica están "impregnados de teoría" o son "dependientes de teoría" en el siguiente sentido radical:

TESIS III. Es imposible (por lo menos en la mayor parte de los casos) segregar un componente de los significados de los términos que ocurren en diferentes teorías de modo que esas teorías tengan los mismos (o sobrepuestos) vocabularios observacionales; aunque pueden ocurrir los mismos términos en esas diversas teorías, esos términos no tienen los mismos significados, pues el significado depende íntimamente de, y varía con, el contexto teórico.

Stephen Toulmin se acerca a esta posición extrema. Hace hincapié en que las clases de "fenómenos" que ocasionan problemas para el científico son las que se desvían de un patrón o normalidad esperados; llama "ideales de orden natural" o "paradigmas" a las presuposiciones sobre lo que necesita ser explicado. Pero estos "ideales" no solamente seleccionan cuáles son las experiencias problemáticas; Toulmin sostiene que los "fenómenos" incluso están definidos por esos ideales. Nos habla de "la continua interacción de teoría y hecho, la manera en que las teorías se construyen sobre la base de hechos, a la vez que les dan significación y aun determinan lo que son 'hechos' para nosotros",⁸ y sostiene que "Los hombres que aceptan diferentes ideales y paradigmas [...] ni siquiera

⁸ S. Toulmin, *Foresight and Understanding*, Bloomington, Indiana Univ. Press, 1961, p. 95.

tendrán los mismos problemas; los eventos que son 'fenómenos' a los ojos de un hombre, otro los verá como 'perfectamente naturales'."

Todavía más radical es el punto de vista presentado por Thomas Kuhn en *La estructura de las revoluciones científicas*. Según él, los "paradigmas" que constituyen las formas en que los científicos de tradiciones diversas ven el mundo, y que los guían cuando elaboran sus experimentos y teorías, son "incomensurables". Un paradigma determina lo que el científico de una tradición determinada considera que son los hechos, cuáles son sus problemas, y los estándares que debe cumplir una teoría; y todo esto variará, en general, de paradigma a paradigma. Por ejemplo, puesto que (de acuerdo con Kuhn) la física newtoniana se basa en un paradigma distinto del de Einstein, este último no es, como se cree habitualmente, una versión más general y precisa del primero; términos como 'espacio', 'tiempo', 'masa' y similares, tienen significados totalmente distintos en las dos teorías.

Pero si los significados de todos los términos están determinados por una cierta teoría (o un paradigma) hasta el punto de que los significados de incluso los mismos términos en contextos teóricos distintos no pueden compararse y no tienen absolutamente nada en común, debemos preguntarnos, con los que han tratado de defender una distinción entre términos teóricos y observacionales, cómo han de juzgarse esas teorías una frente a otra y cómo puede decirse que la sustitución de una teoría por otra constituye un "progreso", un "avance". Kuhn está consciente de esta dificultad: afirma que después de una revolución científica, en la que un paradigma sustituye a otro, "ha cambiado [...] toda la red de hechos y de teoría".⁹ Por lo tanto, "Al trabajar en mundos distintos, los dos grupos de científicos ven cosas distintas cuando miran desde el mismo punto en la misma dirección."¹⁰ Sin embargo, declara "que esto no es decir que pueden ver lo que a ellos les plazca. Ambos miran al mundo, y lo que miran no ha cambiado".¹¹ Pero es difícil ver cómo puede ser consistente esta aclaración (y la distinción que se insinúa entre "ver" y "mirar") con su concepción de que los vocabularios

⁹ T. S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago, Univ. of Chicago Press, 1963, p. 140. [Traducción al español: *La estructura de las revoluciones científicas*, México, FCE, 1971.]

¹⁰ *Ibidem*, p. 149.

¹¹ *Idem*.

científicos son "incomensurables", o cómo en todo caso disiparía el relativismo extremo implicado por su idea de que "la competencia entre paradigmas no es el tipo de batalla que pueda resolverse mediante pruebas".¹² Las aclaraciones de Kuhn parecen ser más el enunciado del problema a que deben enfrentarse él y los que sostienen concepciones semejantes (cómo pueden compararse dos teorías "incomensurables"), que una solución a ese problema. En efecto, el enfoque de Kuhn parece implicar que no se acepta una teoría porque es mejor que cualquier otra alternativa; por el contrario, se le llama "mejor" porque es la aceptada.

Toulmin sí trata de dar respuesta a la dificultad: "¿Cómo sabemos cuáles presuposiciones adoptar? Ciertamente, los paradigmas explicativos y los ideales de orden natural no son 'verdaderos' o 'falsos' en algún sentido ingenuo. Más bien, 'nos llevan más (o menos) lejos', y son más o menos 'fructíferos' teóricamente." ¿Pero "fructíferos" en lograr qué? ¿Hacia qué metas nos lleva una teoría "más lejos" que otra? Ciertamente un ideal, un conjunto de presuposiciones, no es mejor que otro en el sentido de que nos permita manejar los mismos problemas o los mismos hechos de manera más eficaz, pues éstos difieren de ideal a ideal, según Toulmin. Como Kuhn, Toulmin nos ofrece poco en la clarificación del sentido en que puede juzgarse una teoría más aceptable que otra.

Conclusión
 Nos queda entonces un dilema: o bien aceptamos la distinción entre términos teóricos y observacionales en (una u otra forma), o bien la rechazamos. Si la aceptamos, aunque habremos entonces ganado la ventaja de hacer que las teorías científicas estén sujetas al tribunal de los hechos que son independientes de ellas, nos quedamos con la tarea de precisar esta distinción, o por lo menos con la de mostrar cómo son distinguibles los elementos que permiten la comparación de las diferentes teorías. Si la rechazamos, aunque evitaremos entonces sus innegables dificultades, enfrentaremos el problema de explicar cómo pueden compararse y juzgarse dos teorías diferentes. Ambas alternativas deben superar dificultades formidables, algunas de las cuales hemos delineado aquí. Uno de los problemas sobresalientes de la filosofía de la ciencia hoy en día es el de mantenerse a salvo de los dos extremos de este dilema.

¹² *Ibidem*, p. 147.

VI. TEORÍAS Y SISTEMAS AXIOMÁTICOS

Hemos visto, al examinar el problema de los términos teóricos, cómo ha habido una evolución de ideas frente al análisis crítico. Pero hay algo más detrás del desplazamiento de la Tesis II por la Tesis III que un mero cambio con respecto a la respuesta a un solo problema; pues bajo el punto de vista de la Tesis III subyace un cambio muy importante en lo que puede llamarse "estilo filosófico", es decir, en las maneras de formular y tratar los problemas. Para los que se adhieren a esta idea, la lógica matemática ya no es la clave para la solución de los problemas filosóficos de la ciencia. Apreciaremos este cambio de ideas más a fondo si primero examinamos algunos otros temas que son centrales en controversias recientes.

Uno de estos temas es el de hasta qué punto puede usarse la lógica para revelar la naturaleza de una teoría científica. La concepción de las teorías científicas como *sistemas axiomáticos interpretados* no sólo es básica para la discusión en el artículo de Hempel "El dilema del teórico", sino también para un gran número de escritos de aquellos que han sostenido que la lógica matemática es una herramienta para entender a la ciencia. La noción de un sistema axiomático es obvia intuitivamente, especialmente para cualquiera que haya estudiado geometría elemental: de entrada se acepta un conjunto de enunciados (generalmente divididos en definiciones, axiomas y postulados, aunque esto es irrelevante para nuestro propósito), sobre la base de éstos se prueban otros enunciados (teoremas). Sin embargo, esta noción intuitiva ha experimentado el más riguroso desarrollo en manos de los lógicos modernos, y se ha hecho un análisis muy exacto del carácter de los términos que ocurren en los axiomas, de la manera en que se unen esos términos en enunciados que formulan axiomas, así como de la noción de deducción o prueba por la que llegamos a los teoremas.

Para apreciar este trabajo y su aplicación a la filosofía de la ciencia, debemos primero entender lo que el lógico entiende por *sistema axiomático no-interpretado*. Como cualquier otra cosa, un sistema así debe formularse en términos de un lenguaje; e incluso la noción de lenguaje ha sido tratada de manera precisa por los lógicos, por medio de su noción de *lenguaje formal*. Acerquémonos a esta noción con una analogía. Los diccionarios ordinarios definen las palabras circularmente, es decir, si buscamos una palabra y luego todas

las palabras que se utilizan para definirla, y así sucesivamente, pronto encontraremos palabras que se definen en términos de las mismas palabras que buscamos anteriormente. Supongamos que alguien quiere evitar esta circularidad haciendo una lista relativamente pequeña de palabras sencillas (a las que llama "términos primitivos" o "básicos") cuyos significados se consideran claros, y que son adecuadas para definir todas las demás palabras del diccionario (a las que llama "términos definidos"). Así, los términos definidos son prescindibles, por lo menos en principio, puesto que lo que puede decirse con ellos puede también decirse sin ellos utilizando sólo términos primitivos. Supongamos que fuera más lejos y escribiera un libro enlistando las reglas de acuerdo con las cuales pueden combinarse sus términos básicos para formar frases y enunciados con significado; a éstas las llama "reglas gramaticales" o "reglas de formación" de frases y enunciados. Así, si se toman *manzana*, *crecer*, *en* y *árbol* como términos primitivos de su diccionario, entonces trata de formular reglas tales que "Las manzanas crecen en los árboles" sea un enunciado gramaticalmente "bien-formado", mientras que "En crecen árboles manzanas" no lo sea. Uno de los problemas que se encontraría es que en lenguajes como el español, la tarea de formular tales reglas es extremadamente compleja, hay muchas variaciones posibles y cualquiera de las reglas tiene una multitud de excepciones. Por esta razón, así como para hacerse una idea de problemas como el de la naturaleza de un sistema o teoría, el lógico maneja lenguajes artificiales con las características señaladas en esta analogía, pero sin su complejidad.

Un *lenguaje formal* consiste, pues, en una lista precisa de *términos primitivos*, más un conjunto de restricciones, bajo la forma de *reglas de formación* precisas, de acuerdo con las cuales pueden combinarse estos términos primitivos entre ellos para construir *fórmulas bien-formadas*. Los términos primitivos consisten en términos puramente lógicos (como los conectivos ' \supset ' y ' \equiv ', o tal vez otros, en términos de los cuales pueden definirse éstos) y también en "no-lógicos" (que podemos considerar como los términos "teóricos" y "observacionales" del lenguaje a menos que, por supuesto todos los términos teóricos sean términos definidos). Además de los términos primitivos, generalmente habrá también términos definidos, pero éstos son prescindibles en principio.

Éste es, pues, el lenguaje formal. Sobre esta base de términos

primitivos y reglas de formación se construye ahora un *sistema axiomático*: se elige un conjunto de fórmulas bien-formadas, las cuales serán los *axiomas* del sistema. Las *reglas de transformación* especificadas de manera precisa determinan entonces una clase de *teoremas* que pueden deducirse de esos axiomas. (En términos de nuestra analogía anterior, supongamos que nuestro erudito, habiendo establecido las reglas para formar enunciados gramaticalmente significativos, elige entonces algunos enunciados que considera verdaderos, y luego, de acuerdo con las reglas de la lógica, trata de deducir de ellos otros enunciados verdaderos; tal vez espere elegir sus axiomas tan sabiamente que *todas* las otras afirmaciones verdaderas de su lenguaje sean igualmente deducibles.)

Una característica muy importante de nuestra discusión es que, hasta ahora, no se ha presupuesto ninguna comprensión de los términos primitivos: por lo que toca al lógico, *no* están *interpretados*, en el sentido de que no necesita considerar que tienen significado alguno más allá de las restricciones sobre la manera en que pueden combinarse unos con otros de acuerdo con las reglas de formación. Incluso los términos no-lógicos pueden considerarse como meros símbolos ficticios que entran en las fórmulas lógicas de acuerdo con ciertas reglas. Por supuesto que todo esto sólo es otro aspecto del hecho de que los lógicos se ocupan de la "forma" y no del "contenido" de las proposiciones y de las deducciones.

Por lo tanto, si vamos a considerar a una teoría científica como un sistema axiomático, hasta aquí sólo tenemos el esqueleto, por así decirlo, de dicha teoría: debemos *interpretar* los términos primitivos. Para aquellos que se adhieren a las Tesis I y II, la pregunta es la siguiente (hacemos caso omiso del problema de la interpretación de los primitivos puramente lógicos): ¿cómo interpretamos aquellos primitivos que son términos "observacionales" y términos "teóricos" (suponiendo que haya tal distinción, y suponiendo que ambos tipos estén entre los primitivos)? La idea de Hempel sobre tal interpretación es la de considerar que los primitivos "observacionales" están "previamente comprendidos"; pero puesto que encuentra problemas al tratar de comprender los términos teóricos, éstos no pueden considerarse del mismo modo, sino que deberán interpretarse por medio de los observacionales. Según Hempel, para lograr lo anterior introducimos lo que él llama "enunciados" o "reglas de interpretación" los cuales "relacionan ciertos términos del

vocabulario teórico con términos observacionales". De esta forma obtenemos un sistema axiomático interpretado, y se entiende que una teoría científica es uno de esos sistemas.¹

Desde este punto de vista, el problema de la relación entre términos teóricos y observacionales se reduce al problema del grado en el cual los términos teóricos pueden ser conectados con los observacionales por medio de dichas reglas de interpretación. La posición de Carnap, por ejemplo, es que (1) algunos términos teóricos se relacionan con el vocabulario observacional sólo por interpretaciones parciales en términos de los enunciados de reducción; (2) otros términos teóricos se relacionan sólo con otros términos teóricos, por medio de las reglas de formación del sistema. Existen también otras concepciones de los enunciados de interpretación, además de los enunciados de reducción y de las definiciones operacionales (en el antiguo sentido); en la sección VIII de "El dilema del teórico" Hempel habla de algunos de ellos, (por ejemplo del "Diccionario de Campbell"). En esa sección trata de hacer un análisis general que pueda aplicarse a cualquier tipo de enunciado de interpretación, en términos de la noción de un "sistema interpretativo".

Sin embargo, se ha criticado a la concepción de las teorías científicas como sistemas axiomáticos interpretados por ser demasiado estrecha, e incluso por distorsionar el verdadero carácter de las teorías científicas.

¹ Como propone Hempel, puede construirse una nueva "teoría interpretada" (o "sistema") cuyos axiomas consistan en los axiomas del sistema no-interpretado más las reglas interpretativas.

Debe hacerse notar que las fórmulas matemáticas de una teoría científica (en la medida en que son no-interpretadas) son formulables (así se piensa generalmente) en términos lógicos (mientras se entienda a la "lógica" en un sentido bastante amplio).