

La nueva filosofía de la ciencia

Harold I. Brown



de

Lectulandia

Este volumen constituye una introducción elemental a la moderna filosofía de la ciencia. La primera parte brinda al lector un conciso panorama histórico y sistemático de las teorías del empirismo lógico y del falsacionismo de Popper. En la segunda parte se discuten los puntos de vista de los más recientes filósofos de la ciencia, como Toulmin, Hanson, Kuhn, Polanyi, Lakatos y Feyerabend. Estos puntos de vista han introducido, en opinión del autor, un nuevo paradigma en la teoría de la ciencia. «La ciencia consiste en una serie de proyectos de investigación estructurados de acuerdo con presuposiciones aceptadas que determinan qué observaciones hay que hacer, cómo hay que interpretarlas, qué fenómenos son problemáticos y cómo hay que tratarlos. Cuando cambian las presuposiciones de una disciplina científica, cambian también al mismo tiempo la estructura de esa disciplina y la imagen de la realidad que tiene el científico». Desde este nuevo paradigma, la historia, la sociología, la psicología, la economía y la política de la ciencia no son menos relevantes que el análisis formal para el estudio de la Filosofía de la ciencia.

Harold I. Brown

La nueva filosofía de la ciencia

ePub r1.0

Titivillus 16.12.2020

Título original: *Perception, Theory and Commitment: The New Philosophy of Science*
Harold I. Brown, 1977
Traducción: Guillermo Solana Díez & Hubert Marraud González

Editor digital: Titivillus
ePub base r2.1

Índice de contenido

[Cubierta](#)

[La nueva filosofía de la ciencia](#)

[Agradecimientos](#)

[Introducción](#)

[Primera Parte. Filosofía de la ciencia del empirismo lógico](#)

[Capítulo 1. Los orígenes del empirismo lógico](#)

[El empirismo de Hume](#)

[Logicismo](#)

[Positivismo lógico: El círculo de Viena](#)

[Empirismo lógico](#)

[Capítulo 2. La confirmación](#)

[Las paradojas de la confirmación](#)

[Confirmación y lógica extensional](#)

[Ataque de Goodman a los análisis sintácticos de la confirmación](#)

[Capítulo 3. Términos teóricos](#)

[Definición explícita](#)

[Oraciones reductivas](#)

[Teorema de Craig](#)

[Reglas de correspondencia](#)

[Capítulo 4. Explicación](#)

[Explicación deductiva](#)

[Explicación estadística](#)

[Explicación y verdad](#)

[Capítulo V](#)

[Falsacionismo estricto](#)

[Enunciados básicos](#)

[Conclusión: hacia una nueva comprensión](#)

[Parte segunda. Nueva imagen de la ciencia](#)

[Capítulo VI. Percepción y teoría](#)

[Percepción significativa](#)

[Tres problemas](#)

[Capítulo VII. Presuposiciones](#)

[Ciencia normal](#)

[Proposiciones paradigmáticas](#)

[El mundo científico](#)

[Capítulo VIII. Revoluciones científicas](#)

[La revolución copernicana](#)

[El cambio conceptual](#)

[Relatividad](#)
[Revoluciones científicas](#)
[Capítulo IX. Descubrimiento](#)
[El contexto de descubrimiento y el contexto de justificación](#)
[Dialéctica](#)
[Descubrimiento científico](#)
[Cambio científico](#)
[Capítulo X. Hacia una nueva epistemología](#)
[Racionalidad](#)
[Conocimiento científico y verdad científica](#)
[Objetividad](#)
[Descripciones y normas](#)
[Presuposiciones y problemas](#)
[Conclusión](#)
[Índice de autores y materias](#)
[Bibliografía](#)
[Notas](#)

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi gratitud a varios grupos y personas que ayudaron a hacer realidad este libro y a mejorarlo. La sugerencia de mi buen amigo Lester Embree de que yo escribiera un libro (bastante diferente) sobre la nueva filosofía de la ciencia me hizo comenzar a reflexionar en el sentido que condujo a este libro, la tesis central del libro y muchos de los argumentos lucran expuestas por primera vez a los miembros de mi curso sobre filosofía de la ciencia contemporánea durante el semestre de otoño de 1971 en la Northern Illinois University, y ellos contribuyeron a mejorar varias argumentos así como a eliminar los de poco valor. He discutido muchas de estas cuestiones con Theodore Kistel, y David Stein leyó y contentó el manuscrito entero, Henry Cohen aportó sus valiosos servicios como crítico y asesor editorial. Yo sólo soy responsable de los errores que quedan.

También estoy profundamente agradecido al fondo de subvenciones de la Northern Illinois University por una beca de investigación durante el verano de 1972, así como al National Endowment for the Humanities for a Younger Humanist Fellowship (Fundación nacional para las humanidades por una comunidad humanista más joven), 1972-73. El equipo de secretarios del departamento de filosofía de la Northern Illinois University mecanografió una y otra vez el manuscrito con el mejor humor, y el departamento de filosofía y el fondo de subvenciones financió la reproducción del manuscrito.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la primera mitad del siglo xx, la filosofía de la ciencia estuvo dominada por los empiristas lógicos, que tomaron el empirismo clásico y las poderosas herramientas de la moderna lógica simbólica como base para los análisis de la ciencia. Los filósofos que trabajaron en esta tradición se interesaron principalmente por problemas lógicos, en particular por la estructura lógica de las teorías y las relaciones lógicas entre los enunciados que describen observaciones y las leyes y teorías que estos enunciados confirman o refutan. Las cuestiones que no son dóciles al análisis formal, como, por ejemplo, la naturaleza del descubrimiento científico, fueron dejadas de lado como no-filosóficas. De igual manera, los empiristas lógicos no se interesaron por la naturaleza del progreso científico, aunque tendieron a aceptar la concepción tradicional según la cual la ciencia moderna nació en los siglos xvi y xvii. con el descubrimiento del «método empírico», y ha mostrado una historia de constante acumulación de conocimiento.

Desde los años 50, los métodos y conclusiones del empirismo lógico han sido objeto de un ataque sostenido por varios autores de antecedentes filosóficos bastante diversos. Entre las obras fundacionales del nuevo enfoque, *Patrones de descubrimiento*, de Norwood Russell Hanson, y *Personal Knowledge*, de Michael Polanyi, aparecieron en 1958, *Foresight and understanding*, de Stephen Toulmin, en 1961, y *La estructura de las revoluciones científicas*, de Thomas S. Kuhn, y el ensayo de Paul K. Feyerabend «Explanation, reduction and empiricism», en 1962. En contraste con el empirismo lógico, el rasgo más destacado del nuevo enfoque es el rechazo de la lógica formal como herramienta principal para el análisis de la ciencia, y su sustitución por la confianza en el estudio detallado de la historia de la ciencia. Aunque haya muchas discrepancias entre los partidarios del nuevo enfoque, existen los suficientes temas comunes como para justificar el hablar de una «nueva imagen de la ciencia».

La mayor parte de la investigación científica consiste, según esta concepción, en un intento persistente de interpretar la naturaleza en términos

de un marco teórico presupuesto, Este marco juega un papel fundamental a la hora de determinar que problemas tienen que ser resueltos y qué cosas han de valer como soluciones a dichos problemas; los acontecimientos más importantes en la historia de la ciencia son las revoluciones, que cambian el marco teórico. En lugar de que las observaciones proporcionen los datos independientes con los cuales contrastar nuestras teorías, son las teorías fundamentales las que juegan el papel crucial a la hora de determinar lo que se observa, y la significación de los datos observacionales se modifica cuando tiene lugar una revolución científica. Quizá el lema más importante de la nueva filosofía de la ciencia sea el énfasis que pone en la investigación en curso más que en los resultados aceptados, como núcleo de la ciencia. En consecuencia, el análisis de la estructura lógica de las teorías concluidas es mucho menos interesante que el intento de entender la base racional del descubrimiento científico y el cambio teórico.

El presente libro tiene dos objetivos. El primero es examinar los temas principales de la nueva filosofía de la ciencia, para desarrollarlos luego e intentar resolver algunos de los problemas planteados por este enfoque. El segundo es sostener que la imagen de la investigación controlada por un cuerpo de presuposiciones se aplica a la filosofía de la ciencia tanto como a la propia ciencia. Intentaré mostrar en detalle que el empirismo lógico era un proyecto de este tipo, y que el desarrollo de la nueva filosofía de la ciencia constituye una revolución intelectual con la filosofía del mismo género que las revoluciones científicas.

La parte primera del libro versa sobre el empirismo lógico. El primer capítulo es un esbozo del trasfondo filosófico del empirismo lógico. Dicho trasfondo está formado esencialmente por la versión humeana del empirismo clásico, modificada y desarrollada por obra de la moderna lógica simbólica y el positivismo lógico. Los tres siguientes capítulos son ensayos sobre tres áreas centrales de problemas de la investigación lógico-empirista: confirmación, términos teóricos y explicación. Aquí se pone el énfasis en la exposición detallada de cómo la aceptación del empirismo humeano y la lógica simbólica como bases para una filosofía de la ciencia ha controlado dicha investigación, y como el fracaso en la resolución de los problemas generados ha conducido a la constante modificación del proyecto lógico-empirista. El capítulo final de la parte primera es un análisis del falsacionismo de Popper como concepción de transición entre el empirismo lógico y el nuevo enfoque.

La parte segunda recoge los temas centrales de la nueva filosofía de la ciencia: tu relación entre percepción y teoría, el papel de las presuposiciones

en la investigación científica, la naturaleza de las revoluciones científicas, y la naturaleza del descubrimiento y el progreso científico. En el último capítulo examinamos la epistemología que está implícita en la nueva imagen de la ciencia. Esta inversión del orden de la parte primera es necesaria debido a que el empirismo lógico es una filosofía de la ciencia que surgió de una tentativa de aplicar una epistemología ya bien desarrollada a la ciencia moderna, mientras que el nuevo movimiento emergió en gran parte como reacción al fracaso del empirismo lógico en la consecución de su propio programa de investigación.

Cada una de las dos partes puede subsistir, en gran medida, por sí misma, y el lector que este interesado en particular por echar un vistazo a la nueva filosofía de la ciencia puede dirigirse directamente a la parte segunda. Al mismo tiempo, las dos partes se complementan entre si en aspectos importantes La parte primera proporciona los antecedentes históricos para la parte segunda; la parte segunda proporciona el análisis de la ciencia que la parte primera extiende a la filosofía de la ciencia. Y las dos partes juntas constituyen una argumentación en favor de la tesis de que hay semejanzas fundamentales entre el método científico y el método filosófico.

PARTE PRIMERA

**FILOSOFÍA DE LA CIENCIA
DEL EMPIRISMO LÓGICO**

CAPÍTULO PRIMERO

LOS ORÍGENES DEL EMPIRISMO LÓGICO

Nuestro objetivo en la parte primera será revisar algunos de los problemas centrales de la filosofía de la ciencia del empirismo lógico y examinar la relación entre dichos problemas y la teoría del conocimiento presupuesta por el análisis lógico-empirista de la ciencia, formularemos los temas capitales de esta teoría del conocimiento describiendo las etapas principales de su desarrollo. Nuestro punto de partida será la versión del empirismo clásico dada en Hume, y luego examinaremos cómo este empirismo fue modificado por el desarrollo de la moderna lógica simbólica y la obra de los positivistas lógicos. Puesto que nuestro objetivo aquí no es propiamente Hume, sino el marco filosófico del empirismo lógico, nos limitaremos a resumir la interpretación de Hume que ha influido en el desarrollo de dicho marco.

EL EMPIRISMO DE HUME

Los dos problemas centrales de la teoría del conocimiento son los problemas del significado y la verdad, y el enfoque empirista de dichos problemas recibió su forma clásica en la obra de David Hume. La manera más clara de desarrollar el enfoque de Hume es en términos de una triple distinción entre impresiones, ideas y lenguaje. El libro primero del *Tratado de la naturaleza humana* comienza con el enunciado: «Todas las percepciones de la mente humana se reducen a dos clases distintas, que denominaré IMPRESIONES e IDEAS»^[1]. Las impresiones son los objetos inmediatos de conciencia de los que tenemos experiencia cuando percibimos o hacemos introspección. Las ideas son los objetos de los que tenemos conciencia en todas las actividades mentales diferentes de la percepción y la introspección, por ejemplo, siempre que reflexionamos, recordamos, imaginamos, etc., y debemos distinguir dos clases de ideas: ideas simples e ideas complejas. Las ideas simples son copias de impresiones que permanecen en la mente después

que ha ocurrido una impresión, y que difieren de las impresiones sólo en que son menos fuertes y vivaces. Las ideas complejas son las ideas que crea la imaginación combinando ideas simples. La imaginación puede reunir cualquier conjunto de ideas simples para formar una idea compleja, pero no puede crear nuevas ideas simples; así pues, el ámbito de las ideas que puedo tomar en consideración se encuentra limitado por el ámbito de las impresiones de las que he tenido experiencia.

Para Hume, impresiones e ideas proporcionan un inventario completo de los objetos de conciencia, pero no constituyen conocimiento alguno. Todo conocimiento se formula en proposiciones, y precisamente con respecto a las proposiciones se plantean las dos cuestiones centrales de la epistemología: cómo determinar si una presunta proposición es significativa y cómo determinar qué proposiciones significativas son verdaderas. La unidad básica de significado para Hume es el término, y un término posee significado sólo si hay una idea que le corresponda. Un individuo sólo puede conocer el significado de un término si ha tenido experiencia de las impresiones necesarias para la formación de la idea correspondiente, y cualquier término del que se suponga que se refiere a un objeto que se encuentra más allá de los límites de la experiencia posible es un mero sonido o marca sin significado. Una presunta proposición que contenga un término singular sin significado es en sí misma una pseudo-proposición sin significado y no es verdadera ni falsa. Por tanto, el ámbito del lenguaje significativo se encuentra limitado al ámbito de la experiencia posible.

A su vez, las proposiciones significativas deben ser subdivididas en dos clases: relaciones de ideas y cuestiones de hecho. Como su mismo nombre indica, los enunciados de relaciones de ideas afirman conexiones que se dan entre ideas, y su valor de verdad viene determinado exclusivamente por la reflexión sobre esas ideas. El conocimiento de relaciones de ideas es *a priori*, y es la única forma de conocimiento *a priori* que Hume admitirá; todos los enunciados verdaderos de relaciones de ideas son verdades necesarias y todos los enunciados falsos de relaciones de ideas son autocontradictorios. Los enunciados de cuestiones de hecho se refieren al mundo de la experiencia, y su valor de verdad viene determinado por referencia a la experiencia.

Todo enunciado de una cuestión de hecho equivale, en último término, a un conjunto de aserciones sobre qué clases de impresiones tienen lugar en conjunción recíproca, y estos enunciados se comprueban observando si dichas impresiones tienen o no tienen lugar.

Además de ser la fuente del conocimiento y la verdad, las impresiones son también para Hume los existentes últimos, los bloques fundamentales de la realidad. El único mundo que puede ser conocido es el mundo de las impresiones, y toda impresión es ontológicamente distinta de cada una de las demás, es decir, la existencia o inexistencia de cualquier impresión es completamente independiente de la existencia o inexistencia de cualquier otra. Sin embargo, esta tesis suscita importantes problemas acerca de la naturaleza de nuestro conocimiento del mundo de la experiencia. Supóngase que he observado que cierto conjunto de impresiones siempre ocurre unido; que, por ejemplo, cierto tipo de color, olor, forma, etc., que denomino «fuego» ha acaecido siempre en conjunción con una impresión de calor (desde una distancia apropiada). Según Hume, no hay conexión entre la impresión de calor y las otras impresiones de ese conjunto; así pues, no tengo ninguna razón lógicamente adecuada para suponer que dichas implosiones acaecerán juntas en el futuro. Desde el punto de vista de la filosofía de la ciencia, esto plantea la cuestión capital de los fundamentos para aceptar cualquier proposición universal. Toda proposición universal entraña predicciones acerca de la experiencia futura, pero, si no hay conexión necesaria alguna entre las impresiones que hayan acaecido juntas en el pasado, entonces no existe garantía alguna de que continúen acaeciendo juntas en el futuro. Desde el punto de vista de la vida cotidiana se plantea un problema similar, ya que nuestra supervivencia diaria depende del supuesto de que la experiencia futura seguirá los mismos patrones que la experiencia pasada. Este último problema lo resuelve Hume mediante una descripción psicológica de cómo adquirimos el hábito de esperar que el futuro se parezca al pasado y cómo actuamos de acuerdo con este hábito. Este enfoque no es adecuado para los propósitos del filósofo de la ciencia, cuyo problema es encontrar la fundamentación racional de la aceptación de leyes científicas universales; cualquier intento de reemplazar dicha fundamentación racional por meros hábitos comportaría el rechazo de la racionalidad de la ciencia. Así pues, según veremos con cierto detalle, el problema de cómo se confirman empíricamente las leyes universales continúa siendo uno de los problemas centrales de investigación para la filosofía empirista de la ciencia.

Históricamente, una de las más importantes objeciones al empirismo ha provenido de la filosofía de la matemática. En la matemática, y especialmente en la matemática aplicada a la ciencia, parece que tenemos un cuerpo de conocimiento que es relevante respecto a cuestiones de hecho, pero que es conocido *a priori*. No es por la experiencia como llegamos a saber que

$2 + 3 = 5$, o que la suma de los ángulos interiores de un triángulo en un plano euclídeo vale 180 grados, y, sin embargo, los científicos aplican la matemática a la experiencia con gran éxito. Ya hemos visto que el único conocimiento *a priori* que Hume admitía era el conocimiento de relaciones de ideas, pero el concepto de relación de ideas en Hume no es suficientemente claro ni está lo bastante desarrollado como para servir de base a una filosofía de la matemática que sea satisfactoria. En qué medida impresionó a Hume este problema tal vez pueda indicarlo el hecho de que en el *Tratado*, donde no se hace explícitamente la distinción entre cuestiones de hecho y relaciones de ideas, Hume sostiene que sólo los razonamientos aritméticos y algebraicos son capaces de alcanzar certeza, y que la geometría, que versa sobre cualidades sentidas, es inexacta^[2]. En la *Investigación sobre el entendimiento humano* hace Hume la distinción entre cuestiones de hecho y relaciones de ideas y sostiene que la aritmética, el álgebra y la geometría están integradas por relaciones de ideas y son las tres exactas y ciertas^[3]. Hasta el siglo xx, con el desarrollo de la moderna lógica simbólica y la teoría logicista de la matemática, no encontraremos un análisis adecuado de la matemática desde un punto de vista empirista.

LOGICISMO

La tesis central de la postura logicista es formulada por Russell en el prefacio a *Los principios de la matemática*: «Que toda matemática pura se ocupa de conceptos definibles en términos de un número muy pequeño de conceptos lógicos fundamentales, y que todas sus proposiciones son deducibles a partir de un número muy pequeño de principios lógicos fundamentales[...]»^[4]. La prueba completa de esta tesis la intentan Whitehead y Russell en los tres volúmenes de los *Principia Mathematica* y, a fin de llevar a cabo su argumentación, Whitehead y Russell desarrollan una nueva y poderosa forma de lógica. Examinemos la estructura de dicha lógica.

El rasgo central de la lógica de los *Principia* es que se trata de una lógica extensional; en particular, en el caso de la lógica preposicional, se trata de una lógica veritativo-funcional. Se establece una distinción entre proposiciones «elementales» o «atómicas» y proposiciones «moleculares»; las proposiciones moleculares son construidas a partir de proposiciones elementales por medio de operadores. Las proposiciones elementales son o verdaderas o falsas, y los operadores preposicionales se definen de forma que el valor de verdad de una

proposición molecular esté determinado únicamente por los valores de verdad de las proposiciones elementales que la constituyen. En la evaluación de las proposiciones moleculares no juega ningún papel en absoluto el significado o contenido de las proposiciones que las constituyen. Por ejemplo, la conjunción de dos proposiciones p y q es verdadera siempre que tanto p como q sean verdaderas, y falsa en cualquier otro caso. Así pues, dentro de la estructura de la lógica de los *Principia* no hay una diferencia significativa entre la conjunción de dos proposiciones que se refieran al mismo asunto, como «El electrón e está en un campo de gravitación» y «El electrón e está en un campo magnético», y la conjunción de dos enunciados que no tengan ningún tema en común, como, por ejemplo, uno de los enunciados anteriores y «George Washington nació el 22 de febrero». Este aspecto de la lógica de los *Principia* ha tenido, como veremos, una significativa influencia en la obra de los empiristas lógicos, que han adoptado la lógica de los *Principia* como su herramienta principal para el análisis de la ciencia.

El intento de construir una interpretación veritativo-funcional para todos los operadores proposicionales se torna particularmente problemático en el importante caso de la implicación. La exigencia de una lógica proposicional completamente veritativo-funcional requiere que « $p \supset q$ » tenga un valor de verdad para cada combinación de los valores de verdad de p y q , incluyendo el caso en que el antecedente p es falso. Dentro del contexto de la filosofía de la matemática, este problema puede ser tratado con bastante nitidez:

La propiedad esencial que exigimos de la implicación es que: «Lo que es implicado por una proposición verdadera es verdadero». Es en virtud de dicha propiedad como la implicación da lugar a pruebas. Pero esta propiedad no determina en modo alguno si algo, y si es así qué, es implicado por una proposición falsa. Lo que determina es que, si p implica q , entonces no puede darse el caso de que p sea verdadera y q sea falsa, esto es, tiene que darse el caso de que o p es falsa o q es verdadera. La interpretación más conveniente de la implicación consiste en decir, a la inversa, que si o p es falsa o q es verdadera, entonces « p implica q » debe ser definida para que signifique: «O p es falsa o q es verdadera^[5]».

La definición de « $p \supset q$ » como lógicamente equivalente a « $\neg p \vee q$ » tiene el efecto de asignar el valor de «verdadera» a cualquier implicación cuyo antecedente sea falso. Esto puede parecer extraño, pero no crea en absoluto dificultades para el filósofo de la matemática, ya que en la matemática sólo nos interesan las pruebas formales, y éstas tienen lugar basándose en premisas que se suponen verdaderas. Como Whitehead y Russell indican en el pasaje arriba citado, la propiedad esencial de la implicación para el matemático y el filósofo de la matemática es que todo lo implicado por una proposición verdadera tiene que ser verdadero. En su *Introducción a la filosofía*

matemática, Russell insiste de nuevo en el mismo punto: «Para que pueda ser *válido* inferir q de p , sólo es necesario que p sea verdadera y que la proposición “no- p o q ” sea verdadera. Siempre que éste sea el caso, es evidente que q tiene que ser verdadera»^[6].

Aun cuando esta noción de «implicación material» pueda ser completamente adecuada para el análisis de la inferencia matemática, los empiristas lógicos han extendido el uso del formalismo de los *Principia* mucho más allá de los límites de la matemática pura. Esto es verdadero en particular del análisis efectuado en los *Principia* de las proposiciones universales afirmativas, proposiciones de la forma «Todos los P son Q ». El análisis simbólico de dicha forma de proposición se basa en advertir que «Todos los P son Q » es lógicamente equivalente a la forma hipotética «Si algo es P , entonces es Q ». «Todos los P son Q » es simbolizado como « $(x)(Px \supset Qx)$ », y este análisis se efectúa sobre la base de la noción de implicación material, así que, aun cuando « $(x)(Px \supset Qx)$ » no sea, en rigor, una expresión veritativo-funcional, las propiedades de la implicación material han sido incorporadas en ella. Así también se incorporan las propiedades de la implicación material en el análisis de leyes científicas como «Todos los cuervos son negros», «Todos los electrones tienen carga negativa» p «Todas las reacciones químicas entre un ácido y una base dan como resultado agua y una sal», dándose por sentado que « $(x)(Px \supset Qx)$ » es una formulación adecuada de dichas leyes.

Consideremos ahora la solución logicista al problema de la verdad matemática. El logicismo sostiene que la matemática es lógica y que por tanto, la matemática es verdadera en la medida misma en que la lógica es verdadera. Desafortunadamente, como señaló el propio Russell, esto no resuelve el problema de la verdad matemática, sino que únicamente lo retrotrae al problema de la naturaleza de la verdad lógica; para este problema Russell no era capaz de ofrecer una solución satisfactoria. He aquí una recapitulación del asunto en su *Introducción a la filosofía matemática*:

Es evidente que la definición de «lógica» o «matemática» hay que buscarla intentando dar una nueva definición de la vieja noción de proposición «analítica». Aunque ya no podemos darnos por satisfechos con definir las proposiciones lógicas como aquellas que se siguen de la ley de contradicción, podemos y debemos aún admitir que son una clase de proposiciones completamente diferentes de las que llegamos a conocer empíricamente. Todas ellas tienen la característica que hace un momento hemos convenido en llamar «tautología». Esta, combinada con el hecho de que pueden ser expresadas enteramente en términos de variables y constantes lógicas (siendo una constante lógica algo que permanece constante en una proposición aun cuando *todos* sus constituyentes hayan cambiado), dará la definición de lógica o matemática pura. Por el momento no sé cómo definir «tautología»^[7].

Como apéndice a este pasaje figura la siguiente nota a pie de página: «La importancia de “tautología” para una definición de la matemática me fue indicada por mi antiguo alumno Ludwig Wittgenstein, que estaba trabajando en el problema. No sé si lo ha resuelto, ni siquiera si está vivo o muerto^[8]».

La *Introducción a la filosofía matemática* de Russell fue publicada en 1919; dos años más tarde apareció la *Logisch-Philosophische Abhandlung*, de Wittgenstein, traducida al inglés un año después con el título de *Tractatus Logico-Philosophicus*. En el *Tractatus*, Wittgenstein introdujo tablas de verdad y las usó como base para formular una definición de «tautología» que ha llegado a ser estándar entre los empiristas lógicos. Las tablas de verdad proporcionan un método mecánico para calcular todos los posibles valores de verdad de una proposición molecular. Cuando se han construido las tablas de verdad completas de varias formas de proposición, descubrimos que se dividen en tres tipos: formas que son verdaderas para algunos valores de los argumentos y falsas para otros, formas que son falsas para todos los valores de los argumentos y formas que son verdaderas para todos los valores de los argumentos. Esta última clase es la que Wittgenstein llama «tautologías» e incluye todas las verdades lógicas y, para el logicista, todas las verdades matemáticas. La tesis de que todas las verdades lógicas son tautologías es claramente consistente con definiciones tradicionales de la verdad lógica, como, por ejemplo, «Verdadero en todos los mundos posibles» o «Verdadero en virtud de la sola forma», así como con las exigencias del empirismo. Las tautologías no dicen nada sobre el mundo, sino sólo sobre nuestro uso de símbolos, de suerte que el empirista no debe tener ningún escrúpulo en admitirlas como verdaderas a priori. Cuando se usan en conjunción con proposiciones empíricas en el razonamiento lógico o matemático, las tautologías proporcionan un medio de transformar proposiciones empíricas en otras proposiciones empíricas sin cambiar su valor de verdad; de esta propiedad de las tautologías deriva su utilidad para la ciencia.

Hay otro enfoque en la filosofía de la matemática que ha de ser mencionado aquí porque es primo hermano del logicismo y ha tenido un impacto semejante sobre los empiristas modernos: el *formalismo* de Hilbert. Para el formalista, la matemática pura, incluyendo la lógica, consta de cálculos no interpretados, de sistemas de axiomas que se manipulan por medio de un conjunto de reglas formales o algoritmos. Como en el caso del logicismo, para el formalista la matemática pura no dice nada sobre el mundo, pero, mientras que el logicista sostiene que la matemática pura y la lógica son verdaderas, el formalista sostiene que no son verdaderas ni falsas, sino meros

juegos con símbolos, gobernados por reglas. La matemática puede ser aplicada a problemas científicos dando interpretaciones apropiadas a los símbolos, pero una vez hecho esto, nos ocupamos de matemática aplicada y la cuestión de la aceptabilidad de un sistema de matemática aplicada para un área particular de investigación científica se convierte en una cuestión empírica. Tanto para el formalista como para el logicista, la lógica se interesa únicamente por la sintaxis, esto es, por relaciones formales entre símbolos, y todos los argumentos han de consistir en la manipulación de símbolos de acuerdo con reglas precisas. La identificación de la lógica con la sintaxis ha sido uno de los rasgos principales de los estudios de la lógica de la ciencia de inspiración lógico-empirista. El empirismo y la nueva lógica simbólica fueron fusionados y desarrollados en una filosofía de la ciencia por el positivismo lógico, del cual nos ocuparemos ahora.

POSITIVISMO LÓGICO: EL CÍRCULO DE VIENA

El término «positivismo», acuñado por Auguste Comte, se usa en general como nombre para una forma de empirismo estricto: el positivista mantiene que sólo son legítimas las pretensiones de conocimiento fundadas directamente sobre la experiencia. El moderno positivismo lógico, en particular el positivismo del Círculo de Viena es una forma de positivismo que adopta la lógica simbólica de los *Principia Mathematica* como su principal herramienta de análisis. Para el positivista lógico hay dos formas de investigación que producen conocimiento: la investigación empírica, que es tarea de las diversas ciencias, y el análisis lógico de la ciencia, que es tarea de la filosofía. Tomaremos el *Tractatus* de Wittgenstein como fuente central para nuestro examen del positivismo lógico, puesto que fue saludado como tal por los miembros del Círculo de Viena. Sin embargo, conviene advertir que la interpretación correcta de muchos de los pronunciamientos de Wittgenstein en el *Tractatus* es bastante controvertida y no es mi intención entrar aquí en esa controversia, sino sólo presentar la interpretación de Wittgenstein que fue adoptada por el Círculo de Viena.

La doctrina central del positivismo lógico es la *teoría verificacionista* del significado, cuya tesis es que una proposición contingente es significativa si y sólo si puede ser verificada empíricamente, es decir, si y sólo si hay un método empírico para decidir si es verdadera o falsa; si no existe dicho método, es una pseudo-proposición carente de significado. Para comprender

todo el alcance de esta tesis servirá de ayuda al situarla en el contexto de la noción wittgensteiniana de «hechos».

Para Hume, los elementos básicos de la experiencia son impresiones; para Wittgenstein, las unidades básicas de la experiencia son hechos: no ya cualidades tales como «rojo», sino «que hay rojo en un tiempo y lugar dados». La significación de esta distinción puede mostrarse más claramente si se la expresa en la notación de los *Principia*. En este simbolismo, las impresiones de Hume serían simbolizadas por un predicado como «P»; un hecho, por otra parte, es mi predicado individuado, y así se lo simbolizaría como «Pa». Para Wittgenstein, como para Hume, la unidad fundamental del lenguaje significativo ha de corresponderse con la unidad fundamental de la experiencia; mientras que para Hume la unidad fundamental significado es el término, que se refiere a una idea, para Wittgenstein es la proposición atómica, que se refiere a un hecho atómico.

Varias de las doctrinas centrales de Hume son ahora incorporadas al *Tractatus*. Para Hume, las impresiones son los existentes últimos, y para Wittgenstein juegan ese papel los hechos atómicos. Así, Wittgenstein escribe: «El mundo es la totalidad de los hechos, no de las cosas»^[9] y «el mundo se divide en hechos^[10]». Y, en tanto que para Hume cada impresión es distinta de todas las demás y la única necesidad es la necesidad lógica de relaciones de ideas, así, para Wittgenstein, «cada cosa puede acaecer o no acaecer y todo lo demás permanece igual^[11]» y «no existe la necesidad de que una cosa deba acontecer porque otra haya acontecido. Hay sólo una necesidad *lógica*^[12]». Asimismo, para Wittgenstein, las proposiciones atómicas, que constituyen el estrato fundamental de nuestro conocimiento empírico son todas lógicamente distintas (como para Hume las ideas simples son todas lógicamente distintas). Ninguna proposición atómica puede ser deducida de otra proposición atómica, ni puede una proposición atómica contradecir a otra. «La proposición más simple, la proposición elemental, afirma la existencia de un hecho atómico^[13]». «Un signo característico de una proposición elemental es que ninguna proposición elemental puede estar en contradicción con ella^[14]». Nuestro conocimiento empírico consta entonces, en último término, de un conjunto de proposiciones elementales, dentro del cual cualesquiera proposiciones pueden ser cambiadas, sin que eso tenga ningún efecto sobre cualesquiera otras proposiciones.

Fundamental para el argumento de Wittgenstein es una distinción ulterior entre «hechos» (*Tatsache*) («El mundo se divide en hechos^[15]») y «estados de cosas» (*Sachverhalt*) («Un estado de cosas es una combinación de objetos

(cosas)^[16]»). Un estado de cosas es un hecho lógicamente posible, un hecho es un estado de cosas que da la casualidad de que acaece realmente. Cualquier proposición que corresponda a un estado de cosas tiene significado, una proposición que corresponda a un hecho es, además, verdadera, y una proposición y el estado de cosas al cual se refiere tienen la misma forma lógica.

Una proposición con significado es una figura lógica de un estado de cosas y, en un lenguaje lógicamente correcto, toda combinación de palabras sin significado, toda pseudo-proposición, violará las reglas sintácticas del lenguaje. Huelga decir que ningún lenguaje natural existente satisface esas condiciones. Una de las preocupaciones centrales del positivista lógico es la construcción de dicho lenguaje lógicamente correcto, y no deberá sorprendernos que el formalismo lógico de los *Principia Mathematica* se adopte como base para la construcción de tal lenguaje.

Podemos volver ahora a la teoría verificacionista del significado y aclarar qué se entiende por la noción estrictamente positivista de verificación. Para hacerlo dividiremos las proposiciones a considerar en cuatro clases: en primer lugar, hay proposiciones puramente formales, tautologías y contradicciones. Poseen significado y determinamos su valor de verdad examinando su forma. En segundo lugar, hay proposiciones atómicas. También poseen significado, y determinamos su valor de verdad observando si se conforman o no a los hechos. Tercero, hay proposiciones moleculares. Estas son funciones veritativas de las proposiciones atómicas, y su valor de verdad se determina determinando primero los valores de verdad de las proposiciones atómicas constituyentes y aplicándoles luego las definiciones de las constantes lógicas. Por último, hay otras definiciones de palabras que no caen dentro de ninguna de las clases arriba mencionadas. Son pseudo-proposiciones, meras combinaciones de sonidos sin significado o de signos sin contenido cognitivo. Por tanto, el valor de verdad de cualquier proposición con significado puede ser determinado de una vez para siempre únicamente por medio de la observación y de la lógica.

EMPIRISMO LÓGICO

Como mejor puede ser entendido el empirismo lógico es considerándolo como una versión más moderada del positivismo lógico. La dificultad central del positivismo lógico como filosofía de la ciencia estriba en que las leyes científicas que son formuladas como proposiciones universales no pueden ser

concluyentemente verificadas por conjunto finito alguno de enunciados de observación. Algunos de los miembros del Círculo de Viena, como, por ejemplo, Schlick y Waismann, aceptaron esta conclusión, pero evitaron tener que relegar las generalizaciones científicas al reino de los pseudo-enunciados carentes de significado sosteniendo que no son proposiciones en absoluto, sino reglas que nos permiten extraer inferencias de unos enunciados observacionales a otros enunciados observacionales. Pero la mayor parte de los positivistas eligieron, en lugar de ello, renunciar a la estricta teoría verificacionista del significado y reemplazarla por el requerimiento de que una proposición con significado debe ser susceptible de ser contrastada por referencia a la observación y al experimento. Los resultados de estas contrastaciones no necesitan ser concluyentes, pero deben proporcionar el solo fundamento para determinar la verdad o falsedad de las proposiciones científicas. Podemos identificar a los iniciadores del empirismo lógico con esta liberalización de la teoría del significado del positivismo lógico; y, en realidad, podemos ser algo más explícitos, pues *Testability and Meaning*^[17], de Rudolf Carnap, puede ser razonablemente considerado como el documento fundacional del empirismo lógico.

Carnap reconoce la imposibilidad de verificar concluyentemente cualquier proposición científica. Propone reemplazar la noción de verificación por la noción de «confirmación gradualmente creciente» y toma como fundamental la noción de «predicado observable^[18]», definiendo «oración confirmable» en términos de dicha noción^[19]. El efecto de este último paso es un rechazo de la tesis positivista de que la oración es la unidad fundamental de significado y un retorno al viejo interés de Hume por el significado de los términos. Así pues, dos de los problemas centrales de la filosofía lógico-empirista de la ciencia son el análisis de la relación de confirmación que se da entre una ley científica y los enunciados de observación que la confirman o desconfirman, y el análisis de cómo cobran su significado los términos científicos. Este último problema es particularmente acuciante para el empirista en el caso de los términos teóricos de la física moderna, términos tales como «electrón», «entropía» y «función de estado», puesto que dichos términos no parecen referirse a observables. Comenzaremos nuestro examen de la filosofía lógico-empirista de la ciencia con el problema de la confirmación.

CAPÍTULO II

LA CONFIRMACIÓN

El problema de la confirmación puede ser considerado como una cuestión cuantitativa o como una cuestión cualitativa, sin que ello quiera decir que ambos puntos de vista sean excluyentes. Una teoría cuantitativa de la confirmación intenta asignar un grado de confirmación a una hipótesis sobre la base de una evidencia observacional, y una teoría cualitativa se ocupa de cuál es la relación entre una hipótesis y la experiencia observacional que la confirma. Esta última cuestión es lógicamente anterior a la primera, pues, si no fuésemos capaces de reconocer qué instancias están en una relación de conformidad o disconformidad con una hipótesis, mal podríamos cuantificar esa relación^[1]. Nuestra exposición se limitará aquí al aspecto cualitativo del problema.

LAS PARADOJAS DE LA CONFIRMACIÓN

El estudio clásico del problema de definir «confirmación» es el escrito de Carl Hempel «Estudios sobre lógica de la confirmación»^[2], que ha servido de base para la mayoría de las discusiones posteriores. Hempel formula su propósito como sigue: «Uno tiene la impresión de que debiera ser posible establecer criterios puramente formales de confirmación de modo semejante a como la lógica deductiva proporciona criterios puramente formales para decidir la validez de la inferencia deductiva»^[3]. En este capítulo no nos ocuparemos de atacar o defender las diversas tentativas acometidas por los filósofos de ofrecer una definición aceptable de confirmación, sino más bien de analizar el modo en que la formulación del problema por los empiristas lógicos está determinada por el marco filosófico dentro del que trabajan. Ya hemos visto que el empirismo *lógico* y el positivismo *lógico* recibieron muchos de sus estímulos de la nueva lógica expuesta por Whitehead y Russell en los *Principia Mathematica*. Parece evidente que, al cifrar su desiderátum

en la construcción de un análisis puramente formal de la confirmación, Hempel toma como modelo el logro de los *Principia Mathematica* y trata de extender sus técnicas a una nueva área.

Desde este punto de vista, es más fructífero considerar el empirismo lógico no como un cuerpo doctrinal, sino como un *programa de investigación*^[4]. Los filósofos que se embarcaron en este programa comenzaron con un instrumental intelectual y técnico común y lo utilizaron como medio de analizar la naturaleza del conocimiento científico. Pero fue la tentativa de analizar la ciencia en función de este particular marco filosófico la que generó el cuerpo particular de problemas que han preocupado a los filósofos de la ciencia, el que determinó la clase de soluciones que han sido consideradas aceptables, el tipo de objeciones que se ha suscitado contra estas desde dentro del campo del empirismo lógico, y la evolución general de la problemática de esta corriente de pensamiento. Así, Hempel no sólo tomó la estructura formal de la lógica de los *Principia* como modelo en su tentativa de análisis de la confirmación, sino que, además, formuló el problema mediante el simbolismo de dicha lógica. Como veremos, algunos de los problemas que hubo de resolver derivan de la estructura de esta lógica.

Hempel comienza su discusión con una propuesta sumamente plausible debida a Nicod: dada una ley científica de la forma « $(x)(Px \supset Qx)$ » toda oración observacional de la forma « $P\alpha \cdot Q\alpha$ » será una instancia confirmadora, mientras que toda oración observacional de la forma « $(P\alpha \cdot \sim Q\alpha)$ » será una instancia desconfirmadora^[5]. Sin embargo, a pesar de su plausibilidad inicial, esta propuesta conduce directamente a una dificultad. Porque la proposición « $(x)(\sim Qx \supset \sim Px)$ » es lógicamente equivalente a « $(x)(Px \supset Qx)$ », pero si seguimos el criterio de Nicod tendremos diferentes instancias confirmadoras, pues según este criterio, solamente « $\sim Q\alpha \cdot \sim P\alpha$ » confirmará « $(x)(\sim Qx \supset \sim Px)$ ». «Esto significa que el criterio de Nicod hace que la confirmación dependa no sólo del contenido de la hipótesis, sino también de su formulación»^[6]; en otras palabras, es de presumir que oraciones lógicamente equivalentes digan la misma cosa, y, por lo tanto, la cuestión de si un enunciado particular de observación confirma una hipótesis dada debiera depender únicamente del contenido de la hipótesis y no también de su formulación. De hecho, advierte Hempel, una ulterior manipulación simbólica muestra que « $(x)(Px \supset Qx)$ » es también lógicamente equivalente a « $(x)[Px \cdot \sim Qx \supset (Rx \cdot \sim Px)]$ », y, sin embargo, este enunciado no puede tener instancias confirmadoras, pues nada puede satisfacer a la vez su antecedente y su consecuencia^[7].

Hempel trata de resolver esta dificultad proponiendo como criterio general que cualquier definición de confirmación adecuada debe satisfacer la *condición de equivalencia*: «Todo lo que confirma (o desconfirma) uno de dos enunciados equivalentes, también confirma (o desconfirma) al otro^[8]». Sin embargo, aunque esta condición parece resolver el problema, genera una nueva dificultad que Hempel llama «las paradojas de la confirmación^[9]». Si aceptamos la condición de equivalencia, debemos aceptar « $\sim Qx \cdot \sim Px$ » como una instancia confirmadora de « $(x)(Px \supset Qx)$ ». Supongamos que la hipótesis en cuestión es «Todos los cuervos son negros»; entonces, el descubrimiento de cualquier objeto que no sea negro y que no sea un cuervo, como, por ejemplo, un lápiz amarillo, serviría para confirmar nuestra hipótesis. Pero aún podemos ir más lejos, pues « $(x)(Px \supset Qx)$ » es también lógicamente equivalente a « $(x)[Px \vee \sim Px \supset (\sim Px \vee \supset Qx)]$ » y, como el antecedente de esta proposición es satisfecho por cualquier cosa (ya que es una tautología), se sigue que cualquier cosa que sea $\sim P$ ó Q también confirma « $(x)(Px \supset Qx)$ ». Volviendo a nuestro ejemplo, el descubrimiento de un objeto cualquiera que, o bien no sea un cuervo, como un lápiz, o bien sea negro, como un pedazo de carbón, confirma la hipótesis de que todos los cuervos son negros. Como señala Goodman^[10], esto abre maravillosas perspectivas para la ornitología casera, pues yo puedo, desde ahora, sin salir siquiera de mi cuarto, acumular innumerables instancias confirmadoras de la hipótesis en cuestión o de cualquier otra que pueda ser formulada en el modo « $(x)(Px \supset Qx)$ ».

Ha habido muchos intentos de resolver las paradojas. R. G. Swinburne^[11], en un reciente estudio panorámico de la bibliografía sobre el tema, los ha dividido en tres clases: los que rechazan que « $(x)(Px \supset Qx)$ » sea una formulación adecuada de las leyes científicas universales; los que rechazan la condición de equivalencia, y los que rechazan el criterio de Nicod. Dentro de esta última clase hay todavía una serie de diferentes subtipos. Por ejemplo, la postura adoptada por los popperianos Watkins y Agassi consiste en añadir un criterio adicional que una oración de observación debe cumplir antes de ser tomada en cuenta como instancia confirmadora: que debe haber ocurrido en el proceso de comprobación de la proposición en cuestión. Otro enfoque es el adoptado por Hosiasson-Lindebaum, Pears y Alexander, quienes rechazan la posibilidad de un análisis cualitativo de la confirmación y enfocan el problema considerando el tamaño relativo de las diversas clases implicadas y los efectos de este parámetro sobre el grado de confirmación. Dentro de este laberinto de bibliografía, la propuesta del propio Hempel (que pertenece al tercer grupo) continúa siendo, empero, la más interesante en muchos aspectos.

Hempel rechaza la tesis de Nicod de que solamente los enunciados observacionales de la forma « $P\alpha \cdot Q\alpha$ » o « $P\alpha \cdot \sim Q\alpha$ » son relevantes para la confirmación o desconfirmación de proposiciones universales de la forma « $(x)(Px \supset Qx)$ », acepta las consecuencias de la condición de equivalencia y arguye que, lógicamente hablando, no hay nada paradójico en las «paradojas de la confirmación», sino que, por el contrario, la apariencia de paradoja es sólo una «ilusión psicológica^[12]».

Hempel ofrece dos argumentos en favor de su tesis. En primer lugar^[13] alega que la apariencia de paradoja se deriva de la errónea suposición de que el enunciado universal «Todos los cuervos son negros» sólo se refiere a cuervos. Hempel sostiene que sería, sobre todo, un enunciado acerca del espacio-tiempo, que dice que no podremos encontrar en ningún lugar ni en ningún tiempo un objeto que sea cuervo y no sea negro. Así entendido, cualquier descubrimiento de un objeto que no sea un cuervo no-negro constituye una confirmación de la hipótesis.

El segundo argumento de Hempel es que la apariencia de paradoja surge porque no hemos sabido percatarnos de una «ficción metodológica^[14]» que debe ser tenida en cuenta en el análisis lógico de todos los casos de confirmación. En la medida en que estamos intentando analizar la *lógica* de la confirmación, nos concierne únicamente el análisis de la relación entre una hipótesis y un cuerpo específico de evidencias, de suerte que, en todo caso particular debemos adoptar la ficción de que el conjunto de evidencias en cuestión es toda la información de que disponemos. Hempel arguye, por ejemplo, que si pongo un trozo de hielo en una llama y observo que no se vuelve amarilla, parecería paradójico tomar esto como una evidencia en favor de la hipótesis «Todas las sales de sodio producen al arder una llama amarilla». Pero se trata solamente de una apariencia de paradoja que se deriva por introducir yo ilegítimamente en el análisis, la información adicional de que el objeto puesto en la llama es un trozo de hielo. Si hubiésemos puesto un objeto desconocido y notásemos que la llama no se volvía amarilla, un análisis ulterior habría determinado que tal objeto no era una sal de sodio, y en este caso, sostiene Hempel, no sería nada paradójico tomarlo como una evidencia de que «Todas las sales de sodio producen al arder una llama amarilla». Llevando más lejos este análisis, si yo examino un objeto y descubro que es negro, la única información que puedo tomar en cuenta para los propósitos de un análisis formal de la confirmación es que tengo ante mí un objeto negro; y, puesto que esta simple información confirma, como Hempel apunta^[15], la hipótesis de que todos los objetos son negros,

confirmará también, desde luego, la consecuencia mucho más débil de esta hipótesis, «todos los cuervos son negros».

Hempel continúa estableciendo que «otros casos paradójicos admitirían análogo tratamiento»^[16] y, aunque él no lo haga, este punto no merece clarificación. Hay solamente otro caso paradójico que no queda cubierto por la discusión precedente: cuando encuentro un objeto que no es cuervo. Presumiblemente, lo que Hempel piensa es que, si encuentro un objeto que no es un cuervo, confirmo la proposición de que no hay cuervos, y esto, unido a la interpretación corrientemente aceptada de las proposiciones universales, según la cual una proposición universal es verdadera si es vacía la clase del sujeto, constituye una confirmación de la hipótesis de que todos los cuervos son negros. (Desgraciadamente, dada esta interpretación de las proposiciones universales, el descubrimiento de un no-cuervo confirmaría también la proposición «Ningún cuervo es negro», pero no tocaremos este punto).

Ahora bien, ¿por qué habríamos de aceptar la propuesta de la ficción metodológica? En la práctica científica no se la acepta, y sería el colmo de la insensatez pretender que el científico olvidase todo lo que sabe durante el proceso de contrastación de las hipótesis. Si se ha tomado en serio la ficción metodológica de Hempel, entonces no hay razón que prohíba al científico tomar un trozo de hielo, ponerlo en la llama fingiendo ignorar que sea hielo, observar que la llama no es amarilla, luego anotar que lo que está quemando no contiene sales de sodio, y anunciar una nueva confirmación de la tesis de que todas las sales de sodio producen al arder una llama amarilla. Asimismo, podría tener perfectamente sentido que yo observase un lápiz sobre mi mesa, advirtiese que se mueve con una velocidad menor que la de la luz, y concluyese que he confirmado la tesis de Einstein de que nada se mueve con velocidad superior a la de la luz (con la posible excepción de los taquiones, pero también podría observar que el lápiz no es un taquión y así confirmar de un solo golpe que existen objetos que no son taquiones y que todos los taquiones se mueven con una velocidad mayor que la luz). Es evidente que la investigación científica no se conduce de tal modo. Cuando proyecta un experimento para comprobar una hipótesis o trata de decidir si un cuerpo de información determinado es relevante para la verdad de alguna otra, el científico no pretende que el resultado experimental en cuestión sea la única evidencia que tiene; sino más bien, antes de extraer sus conclusiones, se esforzará por contemplar todo fragmento de evidencia que pueda reunir. Es posible contestar que la propuesta de la ficción metodológica no atañe a los científicos, sino a los lógicos que intentan analizar la estructura lógica del

razonamiento científico. Pero esta propuesta suscita la ulterior cuestión de si una lógica de la confirmación que adopte la ficción metodológica de Hempel como uno de sus presupuestos fundamentales, puede arrojar alguna luz sobre la estructura del pensamiento científico. No es tan obvio que lo haga. Los cálculos lógicos, como los cálculos matemáticos, pueden ser contruidos sin recurrir al examen de ningún cuerpo de conocimiento o experiencia, pero el hecho de que exista un cálculo no es una razón suficiente para aceptar que sea un instrumento adecuado para el análisis de cualquier área particular de la experiencia humana. Muy bien pudiera ocurrir que construyésemos un cálculo de confirmación en el que se analizasen con gran cuidado las relaciones formales entre los enunciados de observación y los diversos tipos de enunciados generales, pero que no resultase apropiado en absoluto para la formulación y análisis de la relación de confirmación tal y como la encontramos en la práctica científica.

De hecho, uno de los aspectos más llamativos de la filosofía de la ciencia del empirismo lógico que constantemente advertimos es su persistente omisión del análisis detallado de teorías científicas reales o de ejemplos de investigación científica. Por el contrario, lo que nos ofrecen, y en este aspecto es paradigmática la bibliografía relativa a las paradojas de la confirmación, es el análisis de fórmulas preposicionales, la construcción de lenguajes artificiales y cálculos, y ocasionales ilustraciones de esos cálculos mediante generalizaciones empíricas como «Todos los cuervos son negros» o «Todas las sales de sodio producen al arder una llama amarilla», en la suposición de que esto elucidará, de algún modo, la estructura de la ciencia. Sin embargo, éstos no son ejemplos de proposiciones científicas significativas, y en modo alguno es obvio que, aun en el caso de que alcancemos un análisis preciso de la relación de confirmación entre tales proposiciones y sus instancias, esto fuese de algún modo aplicable a las razones para aceptar o rechazar la ley de gravitación de Newton, el principio general de la relatividad o la ecuación de Schrödinger.

Esto no debería tomarse, sin embargo, como una crítica al empirismo lógico, sino más bien como la descripción de un fenómeno intelectual que requiere una explicación que considero asequible si nos acercamos al problema mirando hacia el marco de presuposiciones discutido en el capítulo primero. Así como una investigación científica no puede ser llevada a cabo mediante la mera recolección de datos, sino que, por el contrario, necesita partir de un conjunto de suposiciones acerca de cómo se comporta la naturaleza que diga al observador qué datos recoger y luego cómo

interpretarlos^[17], del mismo modo, la filosofía de la ciencia no puede proceder sin más a reunir información acerca de lo que hacen los científicos, sino que necesita adoptar ciertas presuposiciones acerca de la naturaleza del conocimiento y de cuál será el mejor modo de analizar su estructura, antes de empezar su examen del conocimiento científico. Las primeras versiones del empirismo, lógico partían de la presuposición empirista de que todo el conocimiento científico consiste en generalizaciones de la experiencia. Si tal es el caso, entonces no hay necesidad de analizar las generalizaciones complejas cuando la más compleja teoría científica es en última instancia reducible a un conjunto de generalizaciones de la experiencia, y las simples pueden cumplir perfectamente el mismo cometido. De tal suerte que, desde dentro del marco de sus presuposiciones, el empirismo lógico no tiene por un defecto sino más bien por una virtud metodológica el hecho de que no analiza ejemplos científicos complejos: simplifica la discusión sin eliminar, a su juicio, ningún rasgo esencial del conocimiento científico.

En segundo lugar, ya hemos visto que los empiristas lógicos han adoptado la lógica de los *Principia Mathematica* como la herramienta primaria para el análisis de la ciencia, y que, una vez aceptado tal compromiso, las formas proposicionales de los *Principia* y la manipulación de ellos se han convertido en el principal objeto de discusión. Digamos, una vez más, que esto en modo alguno es ilegítimo. La decisión de hablar de la ciencia en el lenguaje de los *Principia Mathematica* es similar en muchos aspectos a la decisión de los científicos de hablar de la naturaleza, por ejemplo, en el lenguaje de la geometría euclidiana o las ecuaciones diferenciales. Una vez tomada la decisión, sin embargo, la estructura de la herramienta conceptual aceptada juega un papel primordial al determinar a qué fenómenos deben dirigir su atención los científicos o los filósofos, generándoles los correspondientes problemas y determinando asimismo qué tipos de soluciones a estos problemas pueden considerarse aceptable. Una ilustración de ello la constituyen las paradojas de la confirmación, pues ciertamente pudieran no surgir en absoluto, y de hecho no lo harían en tantas formas si hubiéramos trabajado en términos de la lógica aristotélica. Consideremos, en primer lugar, la forma de la paradoja que se origina por la equivalencia entre «Todos los cuervos son negros» y «Todas las cosas no-negras son no-cuervos». Si aceptamos la lógica aristotélica con el análisis tradicional del importe existencial, según el cual una proposición universal afirma la existencia de miembros en la clase del sujeto, entonces las dos proposiciones en cuestión no son equivalentes, pues «Todos los cuervos son negros» afirma la existencia de

cuervos, mientras que «Todas las cosas no-negras son no-cuervos» afirma la existencia de objetos no negros, y, por lo tanto, no surge la paradoja. Por otra parte, la aceptación de la noción tradicional de importe existencial tiene por consecuencia que todas las proposiciones científicas que se refieren a objetos que no existen realmente son falsas, constituye una seria objeción contra tal aceptación, y, como esto incluiría a casi todas las proposiciones científicas fundamentales, ello ha llevado al menos a un lógico^[18] a sugerir que se reinterprete la lógica tradicional anulando sus pretensiones existenciales, y bajo tal interpretación las paradojas en cuestión surgirían también en la lógica aristotélica. Sin embargo, los dos restantes tipos de paradojas que hemos considerado no se darían en ninguna forma de la lógica aristotélica. Una de ellas es que «Todos los cuervos son negros» resulta confirmada por el descubrimiento de cualquier objeto que sea o negro o no-cuervo, porque « $(x)(Px \supset Qx)$ » es lógicamente equivalente a « $(x)[(Px \vee \sim Px) \supset (\sim Px \vee Qx)]$ »; y la otra es que « $(x)(Px \supset Qx)$ » es lógicamente equivalente a « $(x)[(Px \cdot \sim Qx) \supset (Px \cdot \sim Px)]$ », que no puede tener en absoluto instancias confirmadoras; pero ninguna de esas equivalencias tiene lugar alguno dentro de la lógica aristotélica.

No se trata aquí de argumentar a favor de un tipo de lógica o de otra, sino de mostrar que la aparición de un problema particular depende de cuál de ellos adoptemos para el análisis lógico de la ciencia. Ahora bien, así como son posibles geometrías alternativas, también lo son filosofías alternativas de la ciencia, y, mientras los empiristas llegan o no llegan a una solución mutuamente satisfactoria de las paradojas de la confirmación, resulta que para una filosofía de la ciencia que no suponga que todos los enunciados científicos son formulables, en la notación lógica de los *Principia*, o que no considere que el análisis lógico de proposiciones sea la tarea más importante de la filosofía de la ciencia, o que no acepte el presupuesto de que las proposiciones científicas reciban su justificación por alguna forma de confirmación directa por experiencia, las paradojas de la confirmación no son problemas relevantes. Por otra parte, debe destacarse que el reiterado fracaso de los empiristas lógicos en ponerse de acuerdo sobre una solución para ellas —problema que ellos consideran, apremiante a juzgar por la ingente cantidad de literatura que ha suscitado— proporciona una razón importante para tomar seriamente en cuenta los enfoques alternativos de filosofía de la ciencia.

Volvamos ahora a la ficción metodológica de Hempel. Pese a la práctica científica, esta ficción es perfectamente plausible una vez que se la instala en el contexto del marco del empirismo lógico. Porque una de las

presuposiciones de este marco es que el mundo se compone de hechos independientes, y que las proposiciones que los describen son todas lógicamente independientes unas de otras. Recordemos que, según Hempel, las paradojas son una ilusión *psicológica*, que se origina al tomar en cuenta información que, para mantenernos en la esfera de lo estrictamente lógico, debería ser ignorada. Dentro del marco en cuestión, el hecho de que un objeto sea, por ejemplo, un trozo de carbón, y el hecho de que ese objeto sea negro, no tienen nada que ver el uno con el otro, y los enunciados observacionales que describen esos hechos, «Esto es un trozo de carbón» y «Esto es negro», son lógicamente independientes. Hemos visto cómo, según Hempel, la observación de cualquier objeto negro puede confirmar, desde un punto de vista lógico, el enunciado «Todos los cuervos son negros»; pero, dada esta confirmación y una vez hecho esto, de ninguna manera puede alterar la relación de confirmación entre la hipótesis y el primer enunciado observacional el añadido de otra proposición lógicamente independiente (que el objeto en cuestión es un trozo de carbón y no un cuervo). Describe un hecho distinto y es, por lo tanto, estrictamente irrelevante. Si tomamos en cuenta la observación adicional de que el objeto que examino es un trozo de carbón, puede causar, a lo sumo, confusión psicológica, pero no puede afectar a la relación lógica involucrada.

Otro aspecto del marco del empirismo lógico contribuye aquí a que la ficción metodológica parezca casi obvia. Pues, como hemos visto, la lógica *deductiva* de los *Principia Mathematica* es el paradigma que guía a Hempel en la construcción de su lógica de la confirmación. Ahora bien, es un principio general de la lógica deductiva que, si un conjunto dado de premisas entraña un enunciado particular, entonces la adición de ulteriores enunciados al conjunto de premisas no puede afectar a esta relación de entrañamiento. Yo sugiero que es por tratar de analizar la relación de confirmación con la mirada puesta en el paradigma deductivo por lo que Hempel supone que, si una hipótesis está confirmada por un enunciado observacional dado, la adición de ulteriores enunciados de observación no puede anularla. Así pues, desde el punto de vista del programa de investigación de los empiristas lógicos, la ficción metodológica suministra un acercamiento perfectamente plausible a la solución de las paradojas de la confirmación.

CONFIRMACIÓN Y LÓGICA EXTENSIONAL

Consideremos ahora otro problema de la teoría de la confirmación que ha recibido alguna atención (aunque en mucho menor grado que las paradojas) y que nos permitirá ilustrar de nuevo el papel que desempeña el aspecto lógico del marco de presupuestos del empirismo lógico en la generación de problemas.

Uno de los objetivos principales del estudio de la confirmación de Hempel es la formulación de un conjunto de condiciones de adecuación para cualquier definición de confirmación que se proponga. Una de ellas, la *condición de consecuencia especial*, establece que «si una información observacional confirma una hipótesis H , entonces confirma también toda consecuencia de H »^[19]. Ahora bien, pudiera parecer perfectamente razonable añadir otra condición que Hempel llama *condición de consecuencia inversa*^[20]: «Si una información observacional confirma una hipótesis H , entonces confirma también cualquiera otra hipótesis que implique H »; sin embargo, la conjunción de ambas condiciones produce un resultado inaceptable. Porque si un enunciado de observación O confirma la hipótesis H , de acuerdo con la condición de consecuencia inversa, también confirmará « $H \cdot G$ » que implica H (siendo G una proposición cualquiera). Pero, si ahora aplicamos la condición de consecuencia especial, resulta que O confirma G . Y, puesto que un informe observacional confirma siempre alguna hipótesis, se sigue que cualquier informe observacional confirma cualquier hipótesis.

Diferentes escritores han propuesto soluciones diferentes para este problema. Barrett, por ejemplo, utiliza el efecto mencionado como un argumento contra la aceptación de la condición de consecuencia especial^[21], mientras que Hempel, por otra parte, rechaza la condición de consecuencia inversa^[22], y Carnap rechaza tanto la condición de consecuencia (no sólo la condición de consecuencia especial) como la condición de consecuencia inversa^[23]. Pero hay otra fuente posible del problema que ninguno de ellos ha considerado, una fuente que radica en el centro mismo del programa del empirismo lógico: la presuposición de que la lógica de los *Principia* es un instrumento adecuado para el análisis de la inferencia científica. Ya hemos visto que uno de los rasgos característicos de la lógica de los *Principia* es que es una lógica extensional, que no toma en cuenta el significado de las proposiciones utilizadas en un argumento. Por ello, desde el punto de vista de la extensionalidad, la proposición «La carga de un electrón es $1,6 \times 10^{-19}$ culombios y la tierra es plana» es una conjunción legítima de la que puede inferirse «La carga de un electrón es $1,6 \times 10^{-19}$ culombios» o «La tierra es plana».

Ahora bien, los empiristas lógicos no se hacen cuestión de si la lógica de los *Principia* es un instrumento adecuado para el análisis de la ciencia, porque el presupuesto de esa adecuación es una de las características definitorias de su programa de investigación. Pero lo único que permite que el problema mencionado arriba sea considerado como tal por la filosofía de la *ciencia* es precisamente la previa aceptación de que cualquier inferencia autorizada por la lógica de los *Principia* puede ser considerada como una forma relevante de razonamiento científico. No es difícil, sin embargo, imaginar que otros filósofos trabajan desde una tradición lógica diferente, por ejemplo una tradición que sólo permita la conjunción de proposiciones cuando tienen un contenido común o parcialmente coincidente. Tales filósofos podrían estar dispuestos a aceptar tanto la condición de consecuencia especial como la condición de consecuencia inversa sin verse obligados a sacar la conclusión de que cualquier informe observacional confirma cualquier hipótesis. Para tales filósofos, sin duda, la construcción de una definición puramente sintáctica de la confirmación nunca habría constituido un problema de investigación prioritario.

ATAQUE DE GOODMAN A LOS ANÁLISIS SINTÁCTICOS DE LA CONFIRMACIÓN

El intento de construir una definición puramente sintáctica de confirmación ha sido atacado por Nelson Goodman de un modo que es particularmente interesante aquí para nuestros propósitos. Tomando el ejemplo de Goodman, considérese la proposición «Todas las esmeraldas son verdes» y supóngase que hemos observado un gran número de esmeraldas verdes y ninguna instancia de esmeralda no-verde. En términos del tipo de análisis sintáctico que hemos venido examinando, tenemos una proposición de la forma « $(x)(Px \supset Qx)$ » y un gran número de enunciados de observación de la forma « $P\alpha \cdot Q\alpha$ »; esto parecería dar lugar a una generalización altamente confirmada. Pero Goodman advierte que, si se toma solamente en cuenta la relación sintáctica, no es en modo alguno claro qué proposición ha sido confirmada. Considérese, sugiere Goodman, el predicado «verdul», definido como sigue: «Un objeto es verdul si y sólo si es verde antes del tiempo t y azul después». Comoquiera que todas las observaciones han sido hechas antes de t , mientras nos restrinjamos a criterios exclusivamente sintácticos, tenemos un caso claro de confirmación de una proposición

universal, pero no tenemos base ni razón para determinar si la proposición confirmada es «Todas las esmeraldas son verdes» o «Todas las esmeraldas son verdes^[24]». Goodman llama a este problema «el nuevo enigma de la inducción^[25]», y lo formula en términos del concepto de «proyección^[26]». Siempre que generalizamos o hacemos cualquier predicción sobre la base de un cuerpo dado de evidencia, estamos proyectando esa evidencia al futuro. El problema de la inducción (cuya forma moderna es el problema de la confirmación) se convierte ahora en un caso del problema general de saber qué conjuntos de evidencia presente pueden ser proyectados.

Goodman traza un bosquejo de su ensayo de solución a este problema en el pasaje siguiente:

Mientras que la confirmación es, en efecto, una relación entre evidencia e hipótesis, eso no quiere decir que nuestra definición de esta relación no deba referirse nada más que a tal evidencia y tales hipótesis. El hecho es que, siempre que procedemos a determinar la validez de una proyección dada a partir de una base dada, tenemos a nuestra disposición un buen caudal de conocimiento relevante de otro género, del cual hacemos uso. No estoy hablando de enunciados de evidencia adicionales, sino más bien del registro de predicciones pasadas efectivamente realizadas y de su resultado. Si estas predicciones —con independencia de su éxito o su fracaso— son válidas o no, es algo aún por resolver; pero que algunas de ellas han sido efectuadas y cuál ha sido su resultado, es una información de la que podemos disponer legítimamente^[27].

Intentemos aclarar lo que Goodman hace en este pasaje. Para empezar, conviene advertir que acepta abiertamente la ficción metodológica de Hempel^[28]. Pero al mismo tiempo reduce su campo de aplicación distinguiendo entre información adicional que es legítimamente aprovechable y que, por consiguiente puede ser utilizada, e información adicional que no puede ser *legítimamente* utilizada. La confirmación está tomada aquí como una relación entre una hipótesis y un informe observacional, y no podemos traer a colación ningún otro informe de observación adicional, como, por volver a uno de nuestros anteriores ejemplos, que es el hielo el objeto al que aplico la llama. Pero Goodman nos dice ahora que hay otro vasto campo de información adicional que puede ser tomado legítimamente en cuenta: información relativa a la historia de las proyecciones pasadas y de su éxito o fracaso. Cuando la tomamos en cuenta, aparece como una cuestión de hecho que el predicado «verde» tiene una larga historia de proyecciones con éxito: Goodman describe esta situación diciendo que el predicado «verde» está mucho mejor *atrincherado*^[29] que «verdul», y este grado de atrincheramiento del predicado en cuestión es lo que nos proporciona un criterio para decidir entre «Todas las esmeraldas son verdes» y «Todas las esmeraldas son verdes». Es importante subrayar aquí que Goodman apela al registro

histórico de proyecciones efectivas y no a la estructura lógica de las proposiciones involucradas.

Como el propio Goodman procura señalar, en todo caso en que ha sido proyectado «verde», podría haber sido proyectado «verdul»^[30]; es el hecho de que haya sido proyectado «verde» más que «verdul» lo que determina cuál de los dos predicados está mejor atrincherado.

Si analizamos la posición de Goodman encontramos que, por una parte, exhibe algunas de las características distintivas del empirismo lógico, como el considerar un problema preeminente de la filosofía de la ciencia el problema de la inducción y el aproximarse a él a través de un examen de las generalizaciones simples.

Pero, por otra parte, su modo de enfocar la solución constituye una significativa ruptura con respecto al enfoque del empirismo lógico, puesto que el nervio de su argumento está en el rechazo de la posibilidad de construir una definición puramente sintáctica de confirmación. La obra de Goodman ha originado una gran cantidad de bibliografía; y no puede sorprendernos que buena parte de la misma proceda de empiristas lógicos que intentan demostrar que hay una clara diferencia sintáctica entre «verde» y «verdul», para de ese modo hacer ver que no es sólo un hecho histórico el que «verde» haya sido proyectado en el pasado, sino que hay sólidas razones lógicas para que haya sido así y para que así continúe siendo. Uno de los principales flancos atacados, por ejemplo, ha sido el hecho de que la definición de «verdul» contiene una referencia a un tiempo específico, mientras que la de «verde» no^[31].

Pero el nuevo enigma de la inducción de Goodman y la solución que éste ofrece pueden ser interpretados de un modo que indica que su ruptura con el empirismo lógico es mayor que la simple propuesta de abandono del análisis sintáctico de la confirmación. En efecto, Goodman nos dice, en su intento de resolver el problema de la proyección en términos del concepto de atrincheramiento, que sólo a la luz de la historia de la ciencia puede decirse si una hipótesis dada ha sido confirmada por un particular conjunto de observaciones. De este modo contemplada, la propuesta de Goodman suscita cuestiones que podrían ser objeto de futuras investigaciones por parte de filósofos de la ciencia que desearan desarrollar su postura. ¿Cuánta historia de la ciencia debemos considerar? El concepto de un cuerpo que se mueve hacia su lugar natural, por ejemplo, tiene ciertamente una historia de proyección efectiva más larga que la que tiene el concepto de atracción gravitacional. ¿Bajo qué circunstancias aparecen nuevos conceptos tales como el de

«quantum» de acción y cómo logran atrincherarse? ¿Cómo pierden su *status* los conceptos previamente bien atrincherados? ¿Cuál es la importancia relativa que tiene la recolección de datos para determinar qué conceptos llegan a atrincherarse y cuál es la que tienen los conceptos atrincherados para determinar qué datos debemos coleccionar? Y así sucesivamente.

Lo que Goodman propone, entonces, no es una nueva solución al problema de la inducción, sino un nuevo programa de investigación. Hemos visto con algún detenimiento que el tipo de enfoque de esta cuestión que ejemplifica el trabajo de Hempel genera sus propios problemas, y cómo los filósofos de la ciencia que se propusieron desarrollar su postura se vieron obligados a resolver estos problemas dentro de esa tradición. Goodman, al ofrecer una nueva manera de ver el tema de la inducción, genera un nuevo haz de problemas, lo que obliga a emprender un nuevo tipo de investigación para resolverlos y a poner en juego nuevos criterios para que una solución se considere adecuada. Un filósofo que acepte el nuevo proyecto de Goodman y desee trabajar en esa problemática no puede limitarse al análisis lógico, sino que deberá ocuparse en buena medida de investigaciones históricas, y seguramente encontrará irrelevantes los criterios de adecuación formal para decidir si es aceptable una solución propuesta para alguno de esos nuevos problemas. Si un número suficiente de filósofos se compromete a analizar la inducción desde el punto de vista del atrincheramiento, asistiremos a los comienzos de una nueva tradición investigadora en la filosofía de la ciencia. Cuando menos, una propuesta que produce el efecto de sugerir a los filósofos de la ciencia interesados por la inducción que cambien las preguntas que se están formulando y el tipo de investigación que están llevando a cabo ha emergido desde dentro de la tradición del empirismo lógico. Esto nos da motivo para sospechar que el modelo de filosofía de la ciencia del empirismo lógico ha perdido mucha de su vitalidad como programa de investigación, y que es posible que entre en acción un nuevo enfoque.

CAPÍTULO III

TÉRMINOS TEÓRICOS

DEFINICIÓN EXPLÍCITA

Hemos visto que una de las doctrinas centrales del empirismo tradicional es la de que los términos adquieren significado una vez que se los ha puesto en correlación con algún conjunto de impresiones, o, por emplear un término más reciente, «datos sensoriales» (*sense-data*)^[1]. Un término que, de acuerdo con esta opinión, no pueda ser definido en última instancia por referencia a algún conjunto de datos sensoriales no tiene ningún significado. Claramente, un filósofo que examine la física moderna desde el punto de vista de esta suposición (y que no esté dispuesto a rechazar la física como carente de significado) se encontrará enfrentado a un problema de investigación. Porque la física está plagada de términos que al menos parecen referirse a entidades no-observables, términos como «electrón», «función de estado», etc., y el filósofo de la ciencia que adopte una teoría empirista del significado se enfrenta al problema de mostrar cómo pueden definirse estos términos por referencia a observables. Una formulación estrictamente empirista de este proyecto de investigación es dada por Russell: «Siempre que sea posible, sustitúyanse entidades inferidas por construcciones lógicas^[2]». Russell continúa detallando más completamente este proyecto:

Dado un conjunto de proposiciones que versan nominalmente sobre las supuestas entidades inferidas, observamos las propiedades que se requieren de esas supuestas entidades para hacer verdaderas dichas proposiciones. Con ayuda de un leve artificio lógico, construimos entonces alguna función lógica de entidades menos hipotéticas que tenga las propiedades requeridas. Sustituimos las entidades inferidas por la función construida, y con esto obtenemos una nueva y menos dudosa interpretación del cuerpo de proposiciones en cuestión^[3].

Un ejemplo ayudará a clarificar la propuesta de Russell. Se puede dar cuenta de un gran número de datos observados en laboratorios postulando que la materia se compone de átomos que están a su vez compuestos de partículas menores, más fundamentales. La existencia de líneas espectrales discretas,

por ejemplo, puede ser explicada asumiendo que los átomos incluyen electrones que solamente pueden existir en niveles discretos de energía y que las líneas espectrales son el resultado de la radiación emitida cuando los electrones caen de un nivel de energía superior a uno inferior. De modo similar, ciertos tipos de estelas en cámaras de niebla, estelas de una anchura y una curvatura determinadas cuando la cámara de niebla está en un campo magnético, pueden ser explicadas como resultado de la ionización de pequeñas gotas de agua causada por el paso de un electrón. Y, por añadir otro ejemplo, la desviación de la aguja de un amperímetro que forma parte de un circuito cerrado puede también ser explicada como el resultado del paso de una corriente de electrones a través del circuito. En estos casos (así como en muchos otros en que los científicos hacen uso de la noción de electrón) el electrón es lo que Russell llama una «entidad inferida». No percibimos efectivamente el electrón, sino que más bien inferimos su existencia sobre la base de los datos de observación: líneas de un espectrograma, líneas de una cámara de niebla, la situación observada de un indicador, etc. Pero, puesto que no percibimos electrones, surge para Russell, el problema de qué queremos decir con el término «electrón». De acuerdo con Russell resolvemos este problema eliminando la entidad inferida. En lugar de ella consideramos todos los tipos de enunciados de observación que son necesarios para verificar proposiciones verdaderas en las que ocurre el término «electrón», aplicamos las técnicas de la lógica simbólica para construir una función lógica apropiada para estos enunciados de observación, y tomamos esta construcción lógica como una definición de «electrón».

Ha habido dos líneas principales de argumentación en contra de este enfoque procedentes del campo del empirismo lógico. Una línea, originalmente propuesta por Ramsey^[4] y desarrollada con algún detalle por Braithwaite^[5], señala que, si los conceptos teóricos son definidos del modo indicado arriba, las teorías en que ocurran estos conceptos pueden perder una de las funciones más importantes de las teorías científicas. Los empiristas contemporáneos están generalmente de acuerdo en que una característica de las teorías científicas que han obtenido éxito es que es posible predecir nuevos fenómenos sobre su base, y usar teorías que habían sido originalmente propuestas con vistas a dar cuenta de una extensión particular de fenómenos para dar razón de otros fenómenos que no eran considerados en su construcción original. Por ejemplo, la electrodinámica de Maxwell predijo la existencia de ondas electromagnéticas; y la teoría molecular de los gases, que había sido originalmente postulada para dar cuenta de la relación de presión,

volumen y temperatura de los gases, también proporcionó explicaciones para la ley de difusión de los gases, de los calores específicos de éstos y de muchos otros fenómenos. Ciertamente, una teoría que fuese postulada para dar cuenta de un conjunto específico de fenómenos y que no pudiese hacerlo de ningún otro fenómeno fuera de ese conjunto no podría ser generalmente considerada como un logro científico significativo. Pero, según el enfoque de Russell, ninguna teoría sería susceptible de ser extendida; pues en cada ocasión en que tuviésemos en cuenta un nuevo tipo de datos tendríamos que añadir estos datos a las definiciones de nuestros términos y, así, lo que estaríamos haciendo sería redefinir los conceptos teóricos más bien que incluir una nueva área de experiencia bajo un concepto antiguo. Y en contra de ello se objeta que no es éste el modo en que se desarrollan las teorías científicas. A este respecto merece la pena que nos adelantemos por un momento en la marcha de nuestra exposición y señalemos que la estabilidad de los conceptos científicos había llegado a ser una doctrina central de muchos de los escritos más recientes de los empiristas lógicos. Algunos de los abogados del nuevo enfoque de filosofía de la ciencia que estudiaremos en la parte segunda mantienen que un resultado de una revolución científica es que los conceptos científicos cambian. Sus oponentes empiristas lógicos han mantenido, en respuesta, que los significados de los términos permanecen inalterados aunque se alteren los valores de verdad de las proposiciones en las que ocurren^[6]. La tesis de Russell va incluso más allá de las llamadas «teorías del cambio radical de significado», ya que, para él, cada nuevo descubrimiento empírico, por pequeño que sea, nos fuerza a redefinir nuestros conceptos.

Antes de considerar la segunda línea de crítica antes aludida, puede ser conveniente examinar brevemente otro intento de definición explícita de los conceptos teóricos que ha sido altamente influyente: el operacionalismo. La tesis operacionalista, originalmente propuesta por P. W. Bridgman, mantiene que: «En general, no entendemos por un concepto nada más que un conjunto de operaciones; el concepto es sinónimo con el conjunto de operaciones correspondiente»^[7]. Tomemos, por ejemplo, el concepto de longitud que usa Bridgman para introducir su enfoque. Para especificar lo que significamos por «longitud» debemos especificar el conjunto de operaciones por el que determinamos la longitud de un objeto; este conjunto de operaciones es el significado total del concepto de longitud. Esta tesis general se aplica, según Bridgman, a todos los conceptos científicos:

Si el concepto es físico, como el de longitud, las operaciones son operaciones físicas reales, a saber, aquellas por las que es medida la longitud; o si el concepto es mental, como el de continuidad

matemática, las operaciones son operaciones mentales, a saber, aquellas por las que determinamos si un agregado dado de magnitudes es continuo^[8].

Pero considérese un caso en el que medimos la distancia entre dos puntos mediante dos métodos diferentes: usando una cinta métrica y por triangulación con una cinta y un teodolito. Las únicas operaciones requeridas por el primer método son operaciones de aplicar una cinta, pero el segundo método no requiere solamente aplicar la cinta, sino también efectuar giros angulares y computaciones. Estamos hablando entonces de dos conjuntos diferentes de operaciones y, por tanto, según el operacionalista, no de dos modos diferentes de medir la longitud, sino de dos conceptos diferentes, que, hablando con propiedad, deberían ser denotados por términos diferentes^[9]. No puede haber dos modos diferentes en principio de medir un parámetro, ya que, por hipótesis, el uso de diferentes métodos de medida implica que estamos tratando con parámetros diferentes. Similarmente, cuando los físicos hablan de dimensiones nucleares del orden de 10^{-13} cm., no están hablando del mismo tipo de cosa de la que hablamos nosotros cuando nos referimos a distancias de uno o dos centímetros, ni están hablando del mismo tipo de cosa de la que hablan los astrónomos cuando discuten distancias interestelares^[10]. En cada uno de estos casos, la «distancia» se determina mediante una operación diferente y estamos así determinando cosas diferentes, con lo que, propiamente, tendríamos tres palabras diferentes en nuestro vocabulario.

El operacionalismo adolece claramente del mismo defecto que ya hemos encontrado en la noción russelliana de definición explícita, pero en forma algo más extrema: el operacionalismo no sólo limitaría drásticamente la posibilidad de extender conceptos a nuevas áreas, sino que ocasionaría una gran proliferación del número de conceptos teóricos en la ciencia contemporánea y el abandono del objetivo de sistematizar amplios cuerpos de experiencia empleando unos pocos conceptos fundamentales.

ORACIONES REDUCTIVAS

La segunda línea de crítica a la demanda de una definición explícita de los términos teóricos deriva de la doctrina de Carnap acerca de los términos disposicionales^[11]. Tomando su ejemplo, supóngase que tratamos de definir el término «soluble en agua» en términos de observables del modo siguiente: « x es soluble en agua» = *df.* «Siempre que x es sumergido en agua, x se disuelve». Simbólicamente, esto se lee como sigue: $Sx \equiv (t)(Axt \text{ o } Dxt)$,

donde « Sx » está por « x es soluble en agua», « Axt » por « x es sumergido en agua en un tiempo t », y « Dxt » por « x se disuelve en un tiempo t ». La dificultad de esta formulación —hace notar Carnap— es que, para cualquier objeto que no haya sido nunca sumergido en agua, el antecedente del *definiens*, Axt , es falso, y la fórmula que aparece a la derecha resulta ser así verdadera; esto es, se sigue que cualquier objeto que no haya sido nunca sumergido en agua es, por tanto, soluble en agua. El mismo problema surgirá con cualquier intento de definir los términos disposicionales explícitamente, ya que la noción misma de disposición requerirá que la definición esté en forma hipotética.

En línea con nuestro objetivo central, que es poner de manifiesto el papel de las presuposiciones en la filosofía de la ciencia del empirismo lógico, hay dos puntos que merece la pena considerar aquí. El primero es que, al modo típico del empirismo lógico, la discusión de Carnap, que es ampliamente considerada por los empiristas lógicos como uno de los hitos en el desarrollo de su filosofía de la ciencia, trata de conceptos relativamente simples de la experiencia cotidiana más bien que de términos teóricos efectivos de la ciencia, y los trata con formulaciones que pueden ser convenientemente desarrolladas en términos de la maquinaria lógica de los *Principia*. La asunción de que este procedimiento puede clarificar un tanto la naturaleza de los conceptos científicos es una presuposición fundamental del proyecto de investigación del empirismo lógico, y, en cuanto tal, no es ni cuestionada ni enunciada explícitamente. Segundo, y más importante, la dificultad que encuentra Carnap en la exigencia de definición explícita de los términos disposicionales es generada por su aceptación de la noción de implicación material de los *Principia* como un instrumento completamente adecuado para la formulación de proposiciones científicas. Pues, como hemos visto, una de las características de este análisis de la implicación es el rasgo, un tanto paradójico, de que una proposición hipotética con antecedente falso es verdadera, y es esta llamada «paradoja de la implicación material» la que es responsable de la dificultad que Carnap indica. Una vez más, no se entienda esto como una crítica de la obra de Carnap, sino más bien como una nueva ilustración del papel que juega el marco de presuposiciones de un filósofo en la generación de sus problemas. La tesis empirista de que sólo términos que son definidos por referencia a observables tienen significado cognoscitivo es la que llevó al intento de definir los términos disposicionales por medio de observables, y la exigencia del empirismo lógico de que tales definiciones sean formuladas en el simbolismo de la lógica de los *Principia* es la que llevó

al rechazo de la definición propuesta y a la necesidad de una investigación ulterior.

A fin de resolver el problema más arriba expuesto, Carnap propuso el nuevo método de las oraciones reductivas para introducir términos disposicionales, y con ello todos los términos teóricos, en el discurso científico^[12]. Consideremos un nuevo predicado R que deseamos introducir en nuestro lenguaje, y denoten P y S las condiciones de contrastación que podemos poner en práctica, por ejemplo, procedimientos experimentales. Entonces, el siguiente constituye un par reductivo para R :

$$(1) P \supset (Q \supset R) \text{ y}$$
$$(2) S \supset (T \supset \sim R),$$

donde Q y T son observables que constituyen posibles resultados de experimentos^[13]. Por ejemplo, la primera oración reductiva para soluble puede leerse: «Si un objeto es sumergido en agua, entonces, si se disuelve, es soluble.» En el caso especial en que P y S son idénticos y Q y T son idénticos, tenemos una oración reductiva bilateral simple de la forma « $P \supset (Q \equiv R)$ ». Podemos, por ejemplo, introducir «soluble» por el enunciado «Si un objeto es sumergido en agua, entonces es soluble si y sólo si se disuelve». Claramente, la introducción de términos disposicionales mediante oraciones reductivas resuelve el problema por el que Carnap estaba originalmente interesado. Aunque la oración reductiva es aún verdadera en el caso en que P no ocurra, ya no se sigue que un objeto que no ha sido sumergido en agua es soluble. Se sigue, sin embargo, que, dentro de los límites de las oraciones reductivas para «soluble» arriba consideradas, el término «soluble» queda *indefinido* para cualquier objeto que no haya sido sumergido en agua. Las oraciones de reducción introducen términos solamente para las condiciones especificadas de contrastación; no nos proporcionan una definición general de estos términos.

Consideremos ahora cómo encajan las oraciones reductivas de Carnap en el programa empirista. Puede recordarse que la tesis de este programa que aquí nos ocupa es que cada término teórico debe recibir su significado de términos de observación. Tal y como fue originalmente concebido, este proyecto requería una definición explícita; que haría posible en principio eliminar los términos teóricos del discurso científico, pero hemos visto que esta forma fuerte del programa suscita formidables dificultades. La propuesta de Carnap constituye una debilitación considerable de este programa. En

lugar de definir los términos teóricos por referencia a observables, se da una interpretación parcial de dichos términos para un conjunto particular de experimentos y para un conjunto particular de resultados de estos experimentos. Ya que estos experimentos y resultados (Carnap introduce los términos «realizable» y «observable» para distinguirlos^[14]) entran en las oraciones de reducción como predicados empíricos genuinos, aún cabe considerar que Carnap continúa trabajando en pos de la meta general del empirismo. Porque, aunque ha abandonado la noción de eliminación de los términos teóricos en favor de observables, mantiene que los términos introducidos por oraciones reductivas son «reducidos en cierto sentido»^[15] a observables.

Las oraciones reductivas introducen términos solamente para un conjunto específico de condiciones experimentales; la respuesta de los empiristas a este enfoque ha sido diversa. Como cabría esperar, algunas de las objeciones a las oraciones reductivas han procedido de empiristas que se mostraban reacios a desistir de la noción empirista original de que definir un término es mostrar cómo eliminarlo. Así, por ejemplo, en una reseña del artículo de Carnap, Leonard escribe: «Como una forma de postulado, la oración reductiva es ciertamente inobjetable, y es innegable que «reduce» el predicado en cuestión. Pero que sea apropiada como artificio para introducir un nuevo término es dudoso ^[16]. De modo similar, Goodman escribe: «Hay exactamente dos modos de introducir términos en un sentido: 1) como primitivos, 2) por definición. Pasajes del artículo de Carnap [...] han producido la impresión de que hay un nuevo y tercer método de introducción de términos: mediante oraciones reductivas [...]. Esto es más bien confundiente, porque introducir un término por medio de postulados de reducción es introducirlo como un primitivo ineliminable^[17]».

Hempel, por otro lado, ve la propia incompletud del significado de términos que son introducidos por oraciones reductivas como una virtud, ya que nos proporciona un modo de dar cuenta de la extensión de términos teóricos a nuevos dominios de la experiencia para la práctica científica, una práctica de la que, como ya hemos visto, no se puede dar cuenta mediante lo que Hempel llama la «tesis más restringida del empirismo»^[18], esto es, la tesis de que «cualquier término en el vocabulario de la ciencia empírica es definible por medio de términos observacionales [...]» ^[19]. Así, discutiendo el hecho de que las oraciones reductivas solamente determinan en parte el significado de los términos que introducen, Hempel escribe:

Podría muy bien, por lo tanto, sugerir que esta característica de las oraciones reductivas hace justicia a lo que parece ser una importante característica de los términos teóricos más fructíferos de la ciencia; llamémosla su *apertura de significado*. Los conceptos de magnetización, de temperatura, de campo gravitatorio, por ejemplo, fueron introducidos para servir como punto de cristalización para la formulación de principios explicativos y predictivos. Ya que estos últimos han de ser relevantes para fenómenos accesibles a la observación directa, debe haber criterios «operacionales» de aplicación para sus términos constituyentes, esto es, criterios expresables en términos de observables. Las oraciones reductivas hacen posible formular tal criterio; Pero precisamente en el caso de los conceptos teóricos fructíferos, deseamos permitir la posibilidad, y ciertamente contamos con ella, de que puedan ser incluidos en principios generales ulteriores que los conectarán con variables adicionales y así suministrarán nuevos criterios para su aplicación. Nosotros mismos nos privaríamos de estas potencialidades si insistiéramos en introducir los conceptos técnicos de la ciencia por definición completa en términos de observables^[20].

Esto es, ya que las oraciones reductivas definen los términos que introducen únicamente para un conjunto especificado de circunstancias, continúa siendo posible extender el término a nuevas circunstancias por introducción de nuevas oraciones reductivas para esas nuevas circunstancias. Consideremos, por ejemplo, un término R que era originalmente introducido por el par reductivo « $P \supset (Q \supset R)$ » y « $S \supset (T \supset \sim R)$ ». Si algún nuevo conjunto de regularidades que implique R está fundado en algún conjunto nuevo de circunstancias, podemos especificar ulteriormente el significado de R para estas nuevas condiciones introduciendo un par reductivo, digamos « $A \supset (B \supset R)$ » y « $C \supset (D \supset \sim R)$ », y así sucesivamente cuando surjan nuevas situaciones. Pero esta gran flexibilidad también nos lleva, a un nuevo conjunto de problemas.

Para el empirista tradicional todas las definiciones son enunciados analíticos, y de enunciados analíticos sólo podemos deducir ulteriores enunciados analíticos. Pero, como Carnap reconoció^[21], si las oraciones reductivas son aceptadas como una forma de definición, la tesis general de que todas las definiciones son analíticas debe ser abandonada, puesto que cualquier par reductivo tiene un contenido empírico definido. Del par « $P \supset (Q \supset R)$ » y « $S \supset (T \supset \sim R)$ » se sigue « $\sim(P \cdot Q \cdot S \cdot T)$ », y éste no es un enunciado analítico. Así, la aceptación de las oraciones reductivas como un modo de introducir nuevos términos requiere que el empirista abandone la tesis de que solamente pueden ser introducidos nuevos términos mediante enunciados analíticos o la tesis de que los enunciados analíticos sólo entrañan otros enunciados analíticos. En el momento en que escribió *Testability and Meaning*, Carnap pensaba que este problema sólo existía para el uso de los pares reductivos y no para las oraciones bilaterales reductivas, ya que, en el caso de una oración bilateral reductiva como « $P \supset (Q \equiv R)$ », el «contenido» llega a ser « $\sim(P \cdot Q \cdot \sim Q)$ », que es analítico. Así, Carnap mantuvo que «toda

oración reductiva bilateral es analítica»^[22]. Pero Hempel ha advertido luego^[23] que, una vez que permitimos la extensión de un concepto que ha sido introducido por medio de oraciones reductivas bilaterales a nuevos contextos por introducción ulterior de oraciones reductivas bilaterales, surge el mismo problema. Supongamos, por ejemplo, que R es definido para dos situaciones diferentes por las oraciones reductivas bilaterales « $P \supset (Q \equiv R)$ » y « $A \supset (B \equiv R)$ ». De ambas podemos deducir « $(P \cdot Q \cdot A) \supset B$ », que es sintético^[24], y el empirista está enfrentado con la misma elección que en el caso de los pares reductivos.

El punto que debe ser enfatizado para nuestros propósitos aquí es que esta dificultad es, una vez más, generada por los presupuestos de la filosofía de la ciencia del empirismo lógico; en particular, en este caso, por la exigencia de que todos los términos científicos deben estar de algún modo definidos por referencia a observables junto con la insistencia de una distinción estricta entre proposiciones analíticas y sintéticas. Así, es posible para un filósofo aceptar las oraciones reductivas como medio de introducir nuevos términos abandonando la distinción entre analítico y sintético (Hempel, entre otros, parece estar al menos dispuesto a contemplar esta opción ^[25]); o bien puede mantener la distinción entre analítico y sintético y otros aspectos del programa del empirismo lógico y renunciar a las oraciones reductivas y al intento de proveer de contenido empírico a los términos teóricos; o bien puede simplemente rechazar las oraciones reductivas y continuar trabajando hacia la culminación del programa, puesto que el fracaso de un intento particular de llevar a cabo un programa de investigación no constituye una refutación de ese programa (aunque, por supuesto, repetidos fracasos proporcionan buenas razones para sospechar que un programa de investigación diferente con una serie de presuposiciones diferentes puede ser más fructífero). La tercera alternativa, la búsqueda de modos alternativos de llevar a cabo el programa, ha sido, desde luego, la respuesta de la mayoría de los filósofos empiristas de la ciencia.

TEOREMA DE CRAIG

Se ha observado que muchos empiristas consideran que el problema de definir los términos teóricos equivale a mostrar cómo pueden ser eliminados del discurso científico. En los enfoques que hemos considerado hasta aquí, la noción de «eliminación» se ha tomado con el significado de «reemplazo por

una expresión equivalente», pero hay otro sentido de «eliminación» que es relevante para el presente problema: un término también puede ser eliminado del discurso científico al mostrar que es innecesario, que podemos decir todo cuanto queramos decir y hacer todo cuanto queramos hacer sin tener que utilizarlo. Si podemos eliminar los términos teóricos de este modo, el problema de hallar su contenido empírico se disipa. Ahora bien, para muchos empiristas la única función de la ciencia es encontrar relaciones entre enunciados de observación; los enunciados teóricos (esto es, los enunciados que incluyen términos teóricos) funcionan sólo como intermediarios en ese proceso. Así, si puede hallarse un modo de formular todas las conexiones entre observables sin tener que hacer uso de términos teóricos, se habrá mostrado que los términos teóricos son innecesarios y se habrá eliminado el problema de analizar su significado empírico. Un intento ampliamente discutido de alcanzar esta meta se ha desarrollado alrededor de un teorema de lógica formal demostrado por William Craig^[26], a pesar de la propia insistencia de éste en que «el método es artificial y las soluciones que produce son filosóficamente muy insatisfactorias»^[27].

Lo que el teorema de Craig proporciona es un método general de eliminar un grupo seleccionado de términos de un sistema formalizado sin cambiar el contenido del sistema. Para aplicar el método es necesario primero que tengamos un criterio efectivo para distinguir las expresiones «esenciales» del sistema de las expresiones «auxiliares». Tomando el «contenido» del sistema como idéntico con la clase de las expresiones esenciales, Craig proporciona un método para construir un sistema axiomatizado nuevo que incluya todas las expresiones esenciales y ninguna de las auxiliares. Para un filósofo que vea una ciencia como un sistema deductivo moldeado en términos de principios lógicos y las expresiones esenciales como aquellas que contienen solamente términos observacionales, el teorema de Craig parecería ofrecer un modo de eliminar los términos teóricos. Desafortunadamente, el teorema de Craig tiene una serie de defectos cuando se lo considera como un enfoque de este problema, defectos que Craig mismo fue el primero en señalar. No obstante, una serie de escritores empiristas han discutido el problema como un posible modo de solucionar su problema de los términos teóricos (y repetido entonces las objeciones de Craig).

El defecto más importante del método de Craig desde el punto de vista de la filosofía de la ciencia es que solamente puede ser aplicado a sistemas deductivos completos, esto es, a sistemas deductivos de los que ya hemos deducido todas las consecuencias que podemos deducir. Una vez que tenemos

esta lista completa, Craig proporciona un método para construir un conjunto infinito y altamente redundante de axiomas que incluye todas estas consecuencias entre los axiomas. Aplicando esto a la relación entre enunciados teóricos y observacionales, el teorema nos dice que, una vez que hemos deducido todas las consecuencias observables que pueden deducirse con ayuda de nuestra teoría axiomatizada, podemos, en efecto, abandonar la teoría y tomar estos enunciados observacionales como (una parte de) los axiomas de un nuevo sistema deductivo sin perder ninguno de los enunciados observacionales. Pero este resultado no sólo elimina el propósito principal de la construcción de sistemas axiomáticos, que es el de encapsular un gran cuerpo de información en un pequeño conjunto de axiomas^[28], sino que supone también una imagen totalmente inadecuada de la ciencia como consistente en sistemas deductivos incambiables^[29], y no sirve para mostrar que los términos teóricos son innecesarios para la ciencia. A lo sumo, muestra que, una vez que hemos aprendido todo lo que nos sea posible aprender de un sistema teórico, entonces, si sólo estamos interesados en un cierto cuerpo de conclusiones deducidas de este sistema, podemos ignorar el sistema y prestar atención sólo a esas conclusiones; pero es difícil ver por qué necesitábamos un teorema de lógica formal para decirnos eso.

Aparte de la significación del teorema de Craig dentro de la lógica matemática, la cuestión más interesante que dicho teorema suscita es la de saber por qué tantos filósofos han considerado que vale la pena discutirlo como una solución posible al problema empirista de los términos teóricos^[30]. La mejor manera de responder a esta cuestión es contemplar la discusión del teorema de Craig dentro del contexto del programa de investigación del empirismo lógico. Habiendo aceptado la lógica simbólica como la herramienta fundamental para el análisis de la ciencia, se considera que cualquier teorema de la lógica simbólica puede arrojar luz sobre la naturaleza de la ciencia y así es, *prima facie*, digno de discusión. También es importante advertir que toda esta discusión sólo tiene sentido desde el punto de vista de un filósofo que asuma que la tarea primaria de la ciencia es hallar conexiones entre observables. Para un tipo diferente de filósofo de la ciencia, que sostenga, por ejemplo, que las metas de la ciencia incluyen la explicación de fenómenos o el intento de descubrir la estructura subyacente a la realidad, la construcción de teorías es un objetivo primario de la empresa científica, y el problema de encontrar un modo de eliminar teorías no surgiría nunca^[31].

REGLAS DE CORRESPONDENCIA

Hay un enfoque más del problema de la significación empírica de los términos teóricos que debe ser examinado aquí, un enfoque que más recientemente ha ganado amplia aceptación entre los empiristas contemporáneos aunque fue formulado por Norman Campbell en 1920^[32]. Considerando a una teoría científica como un sistema formal axiomatizado, se hace una distinción entre dos partes del sistema formal: el cuerpo de proposiciones teóricas que se formula únicamente en el vocabulario teórico y una serie de «reglas de correspondencia» que conectan funciones construidas por medio de los términos teóricos con términos observacionales. La distinción puede ser ilustrada por un ejemplo trivial pero claro adaptado de Campbell^[33]. Supóngase que nuestra teoría contiene los siguientes términos teóricos:

1) constantes a y b ,

2) variables c y d .

Hay una aserción teórica:

3) $c = d$.

Y hay dos reglas de correspondencia:

4) $(c^2 + d^2)a = R$, donde R es la resistencia de un metal, un observable,

5) $cd/b = T$, donde T es la temperatura de un metal, otro observable.

A título de ejemplo de cómo tal teoría puede ser usada, adviértase que nosotros podemos deducir de las proposiciones teóricas solas la fórmula « $(c^2 + d^2)a/(cd/b) = 2ab = \text{constante}$ ». Interpretando esta fórmula en términos de las reglas de correspondencia, ella nos dice que la razón o proporción de la resistencia de un metal a la temperatura es una constante y, asumiendo que esto es una ley de la naturaleza, la teoría proporciona una explicación de esa ley y podría igualmente haber predicho tal ley si no hubiera sido conocida en el tiempo en que la teoría fue propuesta.

Lo que importa de este análisis en el contexto de nuestro presente interés es que se considera que los términos que aparecen solos en las proposiciones teóricas, independientemente de las reglas de correspondencia, carecen de significado empírico; el significado empírico es otorgado a estos términos cuando son conectados con la experiencia por medio de las reglas de correspondencia. Ciertos escritores empiristas admiten otro tipo de significado que se otorga a los términos teóricos únicamente en virtud de su aparición en el sistema de axiomas de la teoría. Este aspecto del significado de los términos es discutido frecuentemente bajo títulos tales como «definición por postulado», «definición implícita» y «valor sistemático», pero el empirista debe sostener que esto es sólo una parte menor del significado de

los términos teóricos y que el aspecto científico importante del significado de dichos términos es el significado empírico que reciben al ser conectados a observables por reglas de correspondencia. Pero a diferencia de los anteriores enfoques que hemos discutido, éste renuncia al objetivo de hallar una definición en términos de observables para cada término teórico. En general, ningún término teórico aparecerá solo en una regla de correspondencia; más bien aparecerá como parte de una función de términos teóricos, y algunos términos teóricos no aparecerán en absoluto en reglas de correspondencia. Estos términos obtendrán su significado empírico, por decirlo así, de segunda mano, en virtud de su ocurrencia en fórmulas en las que también ocurren otros términos que ocurren en reglas de correspondencia. Todavía se mantiene que es la correlación con la experiencia lo que da significado a los términos teóricos, pero, en lugar de ser los términos individuales los que reciben el significado de los observables, es el sistema teórico como un todo el que recibe este significado.

Una de las más claras explicaciones recientes de este enfoque es la dada por Feigl en la figura 1^[34]:

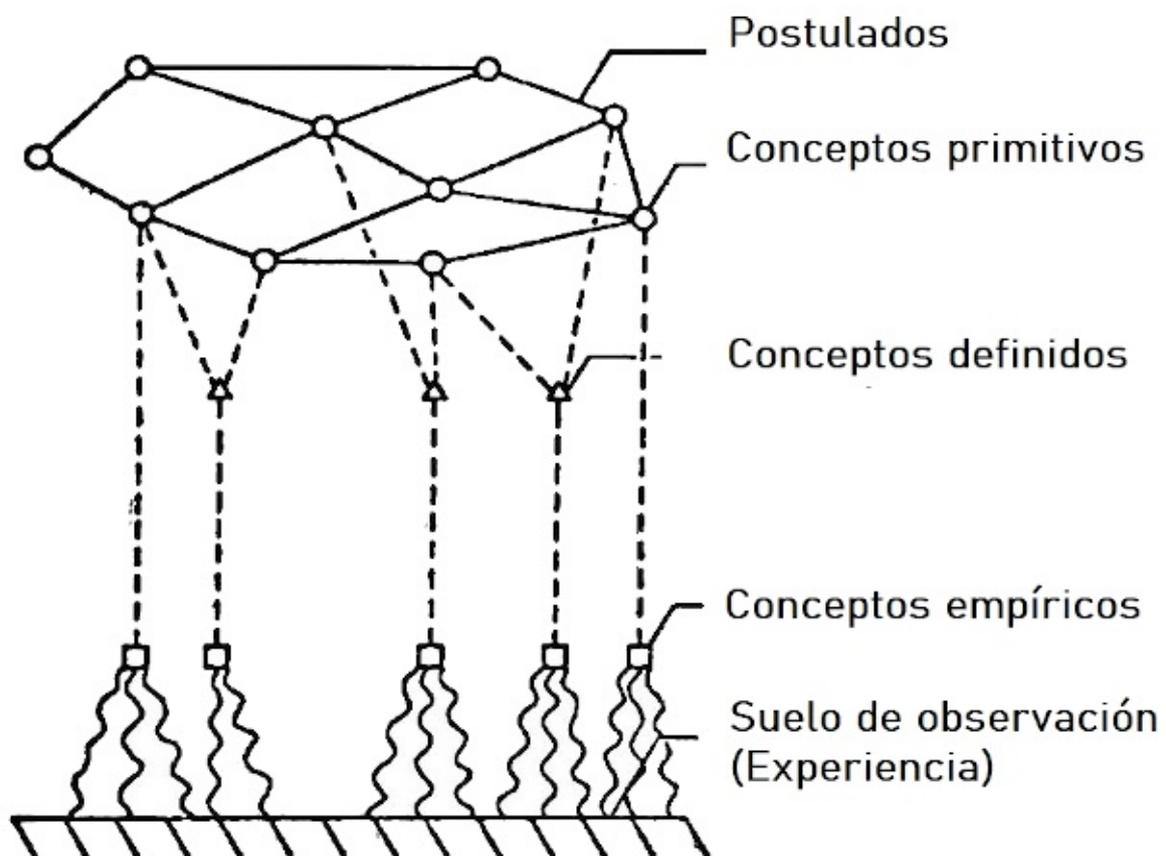


Figura 1. Diagrama de Feigl.

La teoría misma se compone de una serie de conceptos primitivos (esto es, conceptos teóricos) que están interconectados por postulados. Feigl está dispuesto a conceder que los primitivos reciben algún significado por la vía de la definición implícita por su mera participación en el sistema de postulados, pero, escribe:

Es importante darse cuenta de que la definición implícita así entendida es de carácter puramente sintáctico. Los conceptos así definidos están exentos de contenido empírico. Bien puede dudarse de hablar aquí de «conceptos», puesto que estrictamente hablando incluso el significado «lógico» tal como lo entendían Frege y Russell está ausente. Cualquier sistema de postulados, si se toma como (en otro tiempo) *no interpretado empíricamente*, no se limita más que a establecer una red de símbolos. Los símbolos deben ser manipulados de acuerdo con reglas preasignadas de formación y transformación, y sus «significados» son, si es que se puede hablar aquí en absoluto de significados, puramente formales^[35].

Otros conceptos están definidos en términos de estos conceptos primitivos y al menos algunos (todos en el diagrama simplificado de Feigl) de estos conceptos definidos reciben significados mediante reglas de correspondencia que los conectan con conceptos empíricos, siendo estos últimos definidos directamente por referencia a la experiencia (convendría advertir que para Feigl es en esta última etapa de la definición de conceptos empíricos en términos de experiencia en la que entra en juego una forma de definición operacional^[36]). La estructura entera se hace ahora plenamente significativa gracias a «una “lectura de abajo arriba” del significado desde los términos observacionales hacia los conceptos teóricos»^[37].

Pero la noción de reglas de correspondencia también ha recibido ataques desde dentro del campo empirista. Porque dentro del contexto del entramado del empirismo lógico, debe considerarse que las reglas de correspondencia son o bien proposiciones analíticas, o bien reglas que nos dicen cómo usar ciertos términos, «principios meta-lingüísticos que hacen verdaderas a ciertas oraciones por legislación o convención terminológica»^[38]. Pero, como Hempel continúa señalando, las reglas de correspondencia cambian como resultado de la investigación empírica. El concepto científico de tiempo, por ejemplo, puede ser introducido en una etapa dada del desarrollo de la ciencia tomando algún proceso periódico como el patrón de intervalos de tiempo iguales. Parecería entonces que la definición de intervalos iguales de tiempo ha sido fijada ahora por convención y que ningún descubrimiento empírico podría forzarnos a cambiar nuestro patrón. Pero, como muestra claramente la

historia de la horología, éste no es el caso: «Ciertas leyes o principios teóricos originalmente basados en evidencias que incluyen la lectura de relojes patrones dan lugar al veredicto de que esos relojes no marcan intervalos estrictamente iguales de tiempo» [39]. Así, las reglas de correspondencia son afectadas por los datos empíricos y no pueden ser consideradas como enunciados analíticos ni como reglas convencionales. Una vez más, encontramos que una solución propuesta para un problema filosófico generado por el entramado de presuposiciones del empirismo lógico fracasa porque no satisface los criterios de adecuación dictados por ese entramado.

Hemos recorrido un largo camino desde la formulación russelliana del programa empirista y hemos visto con algún detalle cómo el intento de llevar a cabo este programa ha traído consigo su continua liberalización y ha conducido progresivamente a los empiristas lógicos a reconocer cuán compleja e indirecta es, efectivamente, la conexión entre observación y términos teóricos de alto nivel. Los empiristas pueden replicar aquí que el desarrollo que hemos venido examinando es una muestra de la flexibilidad y la mentalidad abierta de la filosofía empirista, pero la mentalidad abierta parece haber desembocado en una transformación tal de al menos este aspecto del programa empirista, que lo ha tornado irreconocible. Pero cuando llegamos al diagrama de Feigl y a la metáfora del «escape» uno no puede dejar de preguntarse si ha quedado algo del proyecto empirista de analizar el significado de los conceptos teóricos en términos de experiencia que no sea el nombre. El diagrama de Feigl puede proporcionar una ilustración cabal de cómo la observación entra dentro del teorizar científico, pero sólo si se insiste en que las teorías científicas han de obtener su significado por correlación con la observación es posible dar el siguiente paso y concluir que, cualquiera que sea el punto en que entra la observación en el conocimiento científico, ése es el punto en el cual, de algún modo, los cálculos abstractos previamente desprovistos de significados se convierten en teorías significativas.

Un resultado particularmente intrigante de este desarrollo se encuentra en un escrito reciente de Hempel: «On the 'Standard Conception' of Scientific Theories» [«Sobre la 'Concepción Standard' de las teorías científicas»]. Hempel, que ha sido un contribuidor destacado a lo largo de este desarrollo, formula ahora el problema de definir los términos teóricos como el problema de definirlos en términos de un vocabulario anteriormente disponible, siendo este vocabulario, en general, no observacional en tanto que incluye términos que fueron introducidos en el contexto de teorías anteriores^[40]. La nueva formulación del problema por Hempel desemboca en un rechazo de la neta

distinción entre observación y teoría que originaba el problema en primer lugar^[41], y su discusión de esta nueva, incluso más liberalizada, versión del problema le conduce a concluir, siguiendo a Putnam, que el «presunto problema “no existe”»^[42]. Hempel sostiene ahora que el problema importante no es cómo definimos los términos teóricos nuevos, sino cómo llegamos a entenderlos, y rechaza la tesis de que sólo hacemos tal al especificar su significado recurriendo a términos previamente entendidos.

Llegamos a entender nuevos términos, aprendemos a usarlos propiamente, de muchas maneras y no sólo por definición: a partir de instancias de su uso en contextos particulares, a partir de paráfrasis que pueden no tener por qué ser definiciones, etc.^[43].

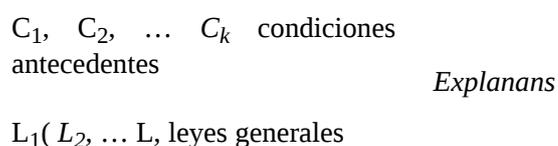
Lo que Hempel no logra advertir es que esta nueva posición no constituye un abandono del problema general del significado de los términos teóricos, sino más bien, como veremos en la parte II, la enunciación de un enfoque diferente, no empirista, para la solución de este problema.

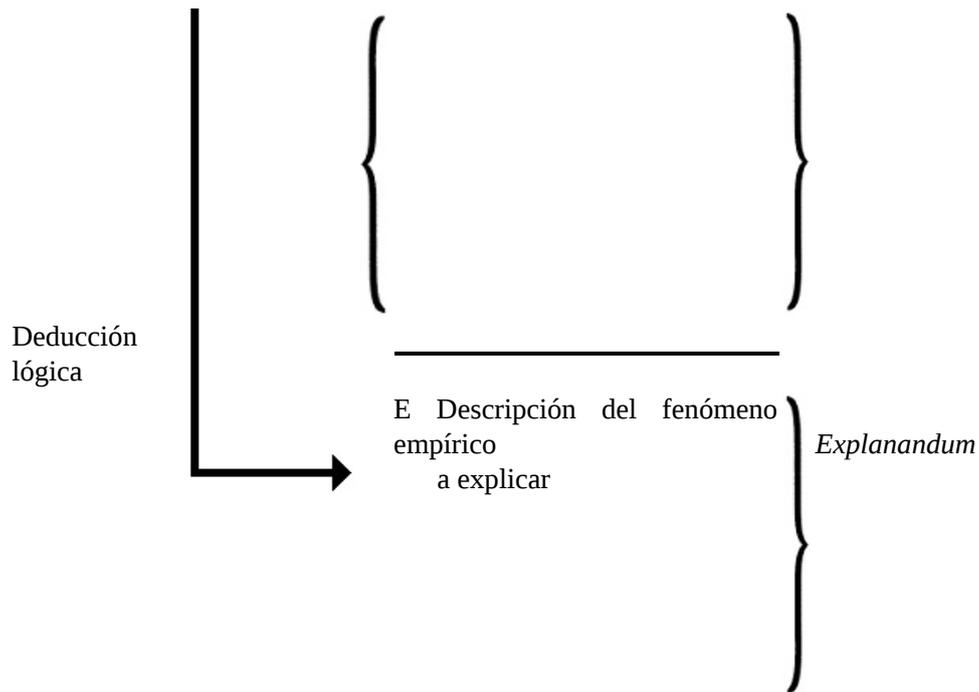
CAPÍTULO 4

EXPLICACIÓN

EXPLICACIÓN DEDUCTIVA

Entre los empiristas lógicos se está generalmente de acuerdo en que el patrón o modelo básico de la explicación científica es el deductivo y que esto se aplica por igual a las tres áreas principales de la explicación científica: explicación de eventos por medio de leyes, de leyes por medio de teorías, y de teorías por medio de teorías más amplias^[1]. También aquí nos encontramos con una enunciación clásica de este punto de vista, en torno a la cual se ha centrado gran parte de la discusión subsiguiente: los «Estudios sobre la lógica de la explicación», de Hempel y Oppenheim^[2]. Los autores proponen cuatro condiciones de adecuación que ha de satisfacer una explicación científica^[3]. A tres de estas condiciones se les adjudica la etiqueta de «condiciones lógicas»: 1) el explanandum ha de estar lógicamente implicado por el explanans; 2) el explanans ha de contener leyes generales que sean necesarias para la deducción del explanandum (y, en el caso de la explicación de un evento, el explanans ha de contener, asimismo, enunciados de condiciones antecedentes, es decir, enunciados que se refieran a objetos o eventos empíricos específicos); 3) el explanans ha de tener contenido empírico. La cuarta condición, catalogada como «condición empírica», es que el explanans ha de ser verdadero, y no sólo bien confirmado^[4]. El modelo deductivo se resume en el siguiente diagrama^[5]:





No debería sorprendernos a estas alturas de la discusión enterarnos de que Hempel y Oppenheim formulan el problema del análisis de la explicación científica como un problema lógico, y de que una parte significativa de su artículo (así como la literatura a que ha dado lugar) se dedica a producir rompecabezas lógicos originados en las condiciones de adecuación y a buscar los medios de corregir esas condiciones para resolver los rompecabezas. Por ejemplo, los propios Hempel y Oppenheim señalan que, en el caso de las explicaciones de eventos particulares, sus condiciones de adecuación permite^[6]. Sea E , el evento a explicar, «El monte Everest está nevado», y sea L una ley general, como, por ejemplo, «Todos los metales son buenos conductores del calor». Podemos construir ahora el siguiente enunciado de condiciones iniciales: sea L' una instancia específica de L , como, por ejemplo, «Si la torre Eiffel es de metal, entonces es una buena conductora de calor», y sea C el enunciado de condiciones iniciales, « $L' \supset E$ ». C es verdadero puesto que E es verdadero, y la conjunción de L y C constituye entonces, de acuerdo con el criterio de adecuación, una explicación de E . Esto, como se reconocerá, es un resultado anómalo.

Hempel y Oppenheim se ocupan de esta anomalía formulando un requisito lógico adicional que la elimine. Primero definimos una *oración básica* como una oración atómica o la negación de una oración atómica, y la *verificación de una oración molecular* como la deducción de ésta a partir de

alguna clase de oraciones básicas verdaderas. El requisito adicional propuesto es que tiene que haber una clase de oraciones básicas de la que podamos deducir C pero no $\sim L$ ni E ^[7]. Las consideraciones siguientes permiten comprender cómo esto elimina el problema: el enunciado de condiciones iniciales que hemos construido, « $L' \supset E$ », es, de por sí, lógicamente equivalente a « $\sim L \vee E$ », y esto es verdadero si se da cualquiera de las dos condiciones. Es verdadero si L es falso, pero esto implicaría que L es falso y sabemos, por hipótesis, que no es éste el caso. O bien es verdadero si E es verdadero, y sabemos que este es el caso, puesto que E es el evento a explicar. El criterio adicional propuesto estipula que debemos tener medios de verificar C que sean lógicamente independientes de los medios de verificar $\sim L$ ó E y elimina, por tanto, la posibilidad de establecer la verdad de C solamente sobre la base de información acerca de L y E ^[8]. Pero esto tiene más consecuencias de lo que parece a primera vista.

Para empezar, permítasenos señalar el papel que juega la parte lógica del marco de supuestos lógico-empiristas en la generación de este problema. Precisamente de acuerdo con este marco de supuestos buscaron Hempel y Oppenheim un análisis lógico de la explicación y, en particular, un análisis que pudiera formularse en el simbolismo de la lógica de los *Principia*, pero el problema que venimos discutiendo es consecuencia del uso que hacen de la implicación material al formular este análisis. Pues, en tanto que han proporcionado un método completamente general para construir proposiciones como C para unos L y E dados, las condiciones de adecuación exigen que C sea verdadero, y la verdad de C en el ejemplo citado está garantizada por la verdad de E (del que sabemos que es verdadero puesto que es el explanandum). Así pues, toda la dificultad viene producida por una de las paradojas de la implicación material: todo enunciado hipotético con un consecuente verdadero es verdadero, independientemente de si el antecedente y el consecuente tienen algo que ver entre sí. Se necesita un análisis algo más complejo para establecer el papel que juega en esta discusión el aspecto empirista del referido marco de presuposiciones.

En un pasaje ampliamente discutido, Hempel y Oppenheim señalaron que la explicación y la predicción tienen la misma forma lógica:

Permítasenos advertir aquí que el mismo análisis formal, incluyendo las cuatro condiciones necesarias, se aplica tanto a la predicción científica como a la explicación científica. La diferencia entre una y otra es de carácter pragmático. Si se da E , esto es, si sabemos que el fenómeno descrito por E ha ocurrido, y se suministra después un conjunto adecuado de enunciados $C_1, C_2, \dots, C_k, L_1,$

L_2, \dots, L_r , hablamos de una explicación del fenómeno en cuestión. Si se dan dichos enunciados y E es derivado con anterioridad a la ocurrencia del fenómeno que describe, hablamos de una predicción. Puede decirse, por lo tanto, que una explicación de un evento particular no es plenamente adecuada a menos que su *explanans*, caso de haberse contado con él a tiempo, hubiera servido como base para predecir el evento en cuestión. En consecuencia, todo cuanto se diga en este artículo respecto a las características lógicas de la explicación o la predicción será aplicable a cualquiera de las dos, aun en el caso de que sólo una de ellas sea mencionada^[9].

De acuerdo con este punto, y al diagnosticar la fuente del problema que venimos considerando, escriben Hempel y Oppenheim: «La peculiaridad que acabamos de señalar despoja, evidentemente, a la explicación potencial propuesta para E del valor predictivo que [...] es esencial para la explicación científica [...]»^[10]. O sea que, como hemos visto, sólo podemos establecer la verdad de C porque ya sabemos que E es verdadero, y esto elimina la posibilidad de haber usado C como premisa de un argumento que predijera E . Claro está, la solución al problema propuesta por Hempel y Oppenheim consiste en añadir el requisito de que tenemos que ser capaces de establecer la verdad de C independientemente de la verdad de E . Esto garantiza que L y C nos permitirán predecir E , y sólo entonces puede decirse que la conjunción de L y C explica E .

Dicho de una manera algo distinta, el defecto del método que Hempel y Oppenheim construyen para poder utilizar cualquier ley que explique cualquier evento es para ellos equivalente a eliminar la fuerza predictiva de la explicación propuesta, y la anomalía es resuelta restaurando dicha fuerza predictiva. Pero, desde este punto de vista, el enunciado de Hempel y Oppenheim de que la explicación y la predicción tienen la misma «estructura formal» es, de alguna manera, equívoco. Esta noción se introduce originalmente como una observación sobre las condiciones de adecuación, pero los propios Hempel y Oppenheim ofrecen un contraejemplo de esta tesis, un caso de explicación formalmente satisfactoria que no es predictiva, y restauran la generalidad del paralelo predicción-explicación introduciendo una condición adicional de adecuación que dice, en realidad, que E sólo se explica a partir de un conjunto de premisas si hubiera podido ser predicha a partir de tales premisas. De este modo, al mantener la identidad estructural de explicación y predicción, Hempel y Oppenheim hicieron algo más que añadir una interesante observación lógica: la predicción sirve como desiderátum para toda explicación adecuada y, de hecho, como un quinto criterio de adecuación. Y debería observarse que esto está, cuando menos, sugerido en su formulación original de la tesis de la identidad estructural cuando escriben: «Puede decirse, por lo tanto, que una explicación de un evento particular no

es plenamente adecuada a menos que su explanans, caso de haberse contado con él a tiempo, pudiera haber servido de base para predecir el evento en cuestión»^[11], sin añadir, «y a la inversa». Ciertamente, la inversa de este enunciado: «Una predicción de un evento particular no es plenamente adecuada a menos que sus premisas pudieran servir como explicación de ese evento», sería un tanto extraña, pues ¿cómo podría una predicción correcta dejar de ser una predicción plenamente adecuada?

El papel que juega el criterio de predicción en el análisis que se acaba de exponer quedará mejor aclarado si se lo considera desde un punto de vista enteramente distinto. Es bien sabido que hay un número ilimitado de conjuntos de premisas a partir de las cuales pueda ser deducido cualquier enunciado dado, y probablemente incluso un número ilimitado de conjuntos de premisas verdaderas, particularmente en el contexto de la lógica de los *Principia*, donde las paradojas de la implicación material permiten construir con gran facilidad enunciados hipotéticos verdaderos. Un filósofo que defienda que la explicación consiste en una deducción a partir de premisas verdaderas^[12] ha de encarar acto seguido el problema de suministrar algún criterio adicional para distinguir las deducciones explicativas de las no-explicativas. Un importante enfoque de este problema es mantener que una explicación aceptable, además de ser formalmente satisfactoria, ha de suministrar un modelo familiar o una analogía con situaciones familiares^[13]. Pero Hempel rechaza esta tesis por ser irrelevante para su problema, que es analizar la lógica de la explicación. Discutiendo el análisis efectuado por Campbell del papel de la analogía en la explicación científica, escribe Hempel: «Campbell no logra establecer que la analogía juegue un papel lógico-sistemático esencial en la teorización científica; algunas de sus declaraciones sitúan lisa y llanamente el mencionado requisito de la analogía dentro del dominio de los aspectos psicológico-pragmáticos de la explicación»^[14]. En general, sostiene Hempel, «para los propósitos sistemáticos de la explicación científica, el apoyarse en analogías es, por tanto, inesencial, y siempre se puede prescindir de tal recurso»^[15]. Para Hempel, los modelos y las analogías pueden jugar un importante papel heurístico en el proceso de construcción de teorías, y un papel pragmático al servirnos de ayuda para la comprensión de ellas^[16], pero no poseen relevancia para el estudio de la estructura lógica de la explicación. Una vez más volvemos a enfrentarnos con el proyecto de investigación en el que Hempel está comprometido. Aceptar modelos o analogías como parte de la explicación es abandonar los supuestos básicos de Hempel, y así lo ha

reconocido al menos uno de los partidarios de la teoría modelista de la explicación al sostener que su enfoque constituye una revolución copernicana en la filosofía de la ciencia^[17].

Pero Hempel y Oppenheim han de ocuparse aún del problema de cómo distinguir los argumentos que son a la par deductivos y, explicativos de aquellos que son deductivos sin ser explicativos. Sostengo que el criterio utilizado es la predicción, que sólo las deducciones que parten de aquellas premisas a partir de las cuales pudiera haber sido predicho el fenómeno en cuestión constituyen explicaciones adecuadas^[18]. Y en efecto, en un ensayo más reciente, en el que responde a los incesantes ataques a la tesis de que explicación y predicción son lógicamente indistinguibles, Hempel ha abandonado esta tesis en su forma original. Ahora sostiene que no todas las predicciones son explicaciones, pero continúa afirmando que todos los argumentos explicativos son predictivos^[19]. La predicción es, así, el concepto más amplio, y las explicaciones son una subclase de las predicciones. De este modo, el factor decisivo en el tratamiento que hace Hempel de la relación entre explicación y predicción es la primacía de la predicción, y el problema de distinguir las deducciones explicativas de las meras deducciones es efectivamente resuelto apelando a la exigencia de que las explicaciones han de ser predictivas. Esto está completamente de acuerdo con la marcada inclinación de la filosofía empirista a sostener que la función primaria del conocimiento científico es la predicción de observables.

Como se ha indicado más arriba, la tesis de la identidad estructural de explicación y predicción ha sido ampliamente atacada. Será útil aquí para nuestros propósitos examinar uno de los más plenamente desarrollados y persistentes de dichos ataques, el de Michael Scriven. Scriven ha propuesto una serie de contraejemplos frente a la tesis de que explicación y predicción son equivalentes, contraejemplos ideados para mostrar que a menudo podemos explicar sucesos que no podríamos haber predicho. El siguiente ejemplo es típico: podemos explicar el que un paciente tenga paresia, por referencia al hecho de que tenga sífilis, ya que la sífilis es la única causa de la paresia. Pero, dado que solamente un pequeño porcentaje de pacientes sífilíticos desarrolla la paresia, no podríamos haber predicho que tal paciente determinado la desarrollaría^[20]. A esta línea de argumento responde Hempel:

Precisamente porque la paresia es una secuela tan rara de la sífilis, es seguro que una previa infección sífilítica no puede, de por sí, suministrar una explicación adecuada de tal padecimiento. Una condición que es nómicamente necesaria para la ocurrencia de un suceso, en general, no lo explica; pues, en caso contrario, tendríamos que poder explicar el hecho de que un hombre gane el

primer premio de las carreras irlandesas de caballos alegando que previamente ha comprado un boleto, y que sólo una persona que posea un boleto puede ganar el primer premio^[21].

Pero el contraejemplo de Scriven es sólo una pequeña parte de un argumento mucho más complejo que Hempel ignora y, desde luego, el rechazo por parte de Scriven de la equivalencia de explicación y predicción es sólo una consecuencia de un desacuerdo con Hempel mucho más fundamental.

El ataque de Scriven está primariamente dirigido contra el modelo deductivo de la explicación. Dos suposiciones son fundamentales para el enfoque de Scriven: en primer lugar, que la explicación científica es sólo un caso especial de la explicación «ordinaria», de modo que un análisis adecuado de la explicación exige que dirijamos nuestra atención a todas las formas de discurso que son consideradas como explicaciones en el habla cotidiana; y, en segundo lugar, que la función de las explicaciones es producir comprensión, y, por tanto, que cualquier instancia de discurso que suministre comprensión es una explicación, cualquiera que sea su estructura formal. En este sentido escribe Scriven:

Parece razonable suponer que la explicación científica representa más bien un refinamiento de la explicación ordinaria que un tipo de entidad totalmente diferente de ella. En nuestros términos, es la *comprensión* lo que constituye la parte esencial de una explicación [...]. Argumentaremos que la única relación exigida para que tengan lugar las explicaciones es una buena inferibilidad inductiva, y que la deducción es un requisito demasiado restrictivo y del que cabe prescindir, aunque a veces, sin duda, nos lo encontremos^[22].

De modo similar, más adelante en el mismo ensayo, agrega Scriven:

¿A quién le corresponde decir si *S* e *Y* han sido entendidos? El caso *primario* de explicación es aquel en que se explica *X* a *alguien*; si no hubiera casos de esta índole, no habría cosa tal como «una explicación de *X*» en abstracto, mientras que la inversa no es verdad. Porque no tiene sentido hablar de *una explicación* que nadie, comprenda ahora o no haya comprendido, o no comprenderá, es decir, que no sea una *explicación para alguien*^[23].

En efecto, Scriven sostiene que explicar es una forma de discurso que tiene lugar en un contexto específico entre algún grupo de hablantes, y que, en lugar de analizar el *explanandum* y el *explanans* como hacen Hempel y Oppenheim, lo que deberíamos hacer es, tal vez, examinar al explicador, o persona que explica, y al explicado, o persona a la que se explica. La tarea del explicador es lograr que el explicado comprenda algo; todo lo que el primero pueda decir o hacer para el cumplimiento de dicho propósito cuenta como explicación.

Pero aun cuando el análisis de Scriven pueda, ciertamente, ser una descripción precisa del modo en que usamos el término «explicar» cuando estamos comprometidos en la realización de actividades cotidianas tales como la de explicar nuestros síntomas a un médico o explicar a un niño cómo funciona una palanca, no es claro en absoluto en qué medida es esto relevante para la tarea de Hempel y Oppenheim. Estos autores no pretenden analizar los usos de «explicar» en el lenguaje ordinario, sino suministrar una reconstrucción lógica de la explicación científica, y este problema, como hemos visto, es un problema dictado por el marco filosófico desde el cual abordan la filosofía de la ciencia. Desde ese punto de vista, los intentos de suministrar un análisis del lenguaje ordinario son irrelevantes. En buena medida, pues, la discusión entre Hempel y Scriven es un conflicto de propósitos, puesto que ambos tienen concepciones diferentes de lo que sea el problema de la explicación, y no están tratando en absoluto, por tanto, de resolver el mismo problema. Lo que Scriven propone no es un análisis alternativo de la explicación dentro del marco del empirismo lógico, sino más bien la reformulación del problema de la explicación desde el punto de vista de un marco filosófico diferente (lo que comúnmente se denomina «filosofía del lenguaje ordinario»). El nivel en que se sitúa el desacuerdo entre Hempel y Scriven es el de la cuestión de cuál es el proyecto de investigación por el que es mejor optar para abordar la filosofía de la ciencia. En la medida en que Hempel declina la invitación que le hace Scriven para que abandone su proyecto de investigación y adopte otro, no resulta inapropiado que ignore la totalidad del análisis y del argumento de Scriven, exceptuando los contraejemplos que le han sido propuestos. Pero, ciertamente, la manera en que responde Hempel a dichos contraejemplos de Scriven, alegando que no son explicaciones adecuadas porque no exhiben un vínculo necesario (esto es, deductivo) entre *explanans* y *explanandum*, es un buen índice del grado en que los argumentos de uno y otro autor representan un conflicto de propósitos. Scriven proponiendo lo que él toma como un caso claro de explicación no deductiva, y Hempel respondiendo que eso no es un ejemplo adecuado de explicación puesto que no es deductiva.

Mi afirmación de que el debate entre Scriven y los deductivistas es un conflicto de propósitos recibe más apoyo de un intento de Brodbeck de proporcionar una respuesta detallada a Scriven desde el punto de vista deductivista^[24]. Porque mientras que Hempel ignora los argumentos de Scriven, las respuestas de Brodbeck no llegan frecuentemente más que a un sarcasmo moderado y a expresiones de asombro. Un ejemplo será suficiente:

El único modo de que Scriven se persuada a sí mismo de que puede explicar un evento que incluso no podría en principio predecirse es dejando totalmente sin analizar los enunciados «causales». A pesar del confiado uso del modismo causal en el discurso diario, podemos todavía preguntar significativamente bajo qué condiciones enunciados como « C es la causa de E » son verdaderos o falsos. No perderé el tiempo aquí exhibiendo la problemática naturaleza de la noción de «causa». Tampoco creo que haya mucha necesidad de hacerlo^[25].

Una de las características más sorprendentes de los debates entre los pensadores que están trabajando desde bases presuposicionales diferentes es la de su desacuerdo respecto a qué problemas necesitan ser resueltos y qué soluciones son las adecuadas a esos problemas; también discrepan sobre qué conceptos requieren y cuáles no requieren explicación y encuentran innecesario (si no imposible) ofrecer argumentos para su elección.

A modo de comparación, y para reforzar el punto de que no todas las discrepancias filosóficas resultan de la aceptación de diferentes marcos presuposicionales, sino que son posibles desacuerdos genuinos entre escritores que aceptan el mismo marco de trabajo, consideremos una objeción propuesta por Scheffler a la tesis de la equivalencia de predicción y explicación. Scheffler mismo es un deductivista estricto. En una discusión sobre la explicación estadística, por ejemplo, mantiene que explicar por qué Jones tuvo un ataque al corazón señalando que el 75 por ciento de los hombres de su edad tienen ataques al corazón deja por explicar exactamente lo que se deseaba explicar, es decir, por qué Jones tuvo un ataque al corazón. Para contestar esta cuestión debemos, de acuerdo con Scheffler, recoger otra información sobre Jones, información que proveería de suficientes premisas adicionales para permitirnos deducir que Jones tuvo un ataque al corazón^[26]. Scheffler reconoce que las explicaciones estadísticas de la clase arriba indicada se usan en la ciencia, las describe como «un caso especial de la explicación deductiva pragmáticamente incompleta»^[27], y concluye que parece razonable extender el concepto de explicación para que incluya las explicaciones estadísticas; pero obsérvese que Scheffler considera esto una extensión del concepto. Ahora bien, Scheffler rechaza asimismo la tesis de que las predicciones y las explicaciones son estructuralmente idénticas, sosteniendo que no todas las predicciones son deductivas y que podemos a menudo predecir de este modo eventos que no podríamos explicar. Observada una conjunción constante de A y B , por ejemplo, ésta puede conducirnos a predecir B observando A , pero no nos proporcionaría base para una explicación de B ^[28]. Esta posición es perfectamente compatible con el marco del empirismo lógico; Hempel la acepta ahora, y es también una objeción de orden completamente distinto al de las objeciones de Scriven; Scheffler está

tratando de clarificar un punto dentro de la estructura del marco del empirismo lógico, mientras que Scriven está intentando dar la vuelta a ese marco^[29].

EXPLICACIÓN ESTADÍSTICA

Pasamos ahora a examinar la segunda clase principal de explicación científica reconocida por los empiristas lógicos, la explicación estadística. A diferencia de la explicación deductiva, la explicación estadística no muestra que, dadas las premisas, el fenómeno a explicar ocurre necesariamente, sino sólo que es altamente probable o, quizá, casi cierto. Como ejemplo muy sencillo de explicación estadística consideremos el siguiente: Jones tiene una infección de estreptococos y se recupera tras haber sido tratado con penicilina. Puesto que sabemos que todas las personas que tienen infección de estreptococos se/recuperan cuando se les trata con penicilina, podemos proponer la siguiente explicación:

La probabilidad de que una persona se recupere de una infección de estreptococos cuando se la trata con penicilina se aproxima a uno.

Jones tuvo una infección de estreptococos y se le trató con penicilina.

Jones se recupera de la infección de estreptococos.

La doble línea, tomada de Hempel^[30], es usada para distinguir el esquema estadístico del deductivo y se debe leer como «Es altamente probable» o «Es prácticamente cierto». Pero, como Hempel, entre otros, ha señalado, la presentación de explicaciones estadísticas de esta forma cuasi-deductiva conduce a algo que parece ser una inconsistencia. Porque supóngase que también sabemos que Jones tiene más de 80 años y que casi todos los hombres de más de 80 años que contraen infecciones de estreptococos no se recuperan. Si Jones no se recupera podríamos ofrecer entonces la siguiente explicación:

La probabilidad de que un hombre de más de 80 años no se recupere de una infección de estreptococos se aproxima a uno.

Jones tiene más de 80 años y una infección de estreptococos.

Jones no se recupera de la infección de estreptococos.

Este resultado es problemático en dos aspectos. En primer lugar, nos proporciona un caso de dos argumentos que son presumiblemente válidos, que tienen premisas verdaderas, y que son lógicamente inconsistentes el uno con el otro: algo que no puede ocurrir nunca en la lógica deductiva. En segundo lugar, muestra que podemos ofrecer una explicación estadística válida independiente de cuál sea el resultado de la enfermedad de Jones, lo que es para Hempel un serio indicio de que algo va mal en la explicación^[31].

Hempel argumenta que la existencia de esta *ambigüedad de la explicación estadística* muestra que las explicaciones estadísticas son de un tipo fundamentalmente diferente al de las explicaciones deductivas. De este modo sugiere que la explicación estadística implica un sentido diferente de la palabra «porque» al de la explicación deductiva^[32]. También sugiere que las ambigüedades surgen del intento de interpretar las explicaciones estadísticas como, en sentido amplio, silogísticas, y que esta interpretación «parece apuntar demasiado cerca de una forma de asimilación de argumentos estadísticos no deductivos a la inferencia deductiva^[33]». Pero, a pesar de estas exposiciones, la práctica real de Hempel al tratar de resolver el problema de las ambigüedades muestra claramente que al continuar tomando la explicación deductiva como su modelo, intenta asimilar la explicación estadística lo más posible a la explicación deductiva y toma la ambigüedad de la explicación estadística como un problema a resolver. Es de este modo razonable preguntar por qué considera esto como problema. Si la explicación estadística es una clase de explicación genuinamente diferente de la explicación deductiva con propiedades diferentes también, ¿por qué no aceptar la ambigüedad como una de esas propiedades distintas? ¿Por qué debemos ver como problemático que dos explicaciones diferentes, esto es, dos explicaciones con diferentes premisas (no obstante, verdaderas) puedan explicar dos eventos lógicamente incompatibles? La respuesta de Hempel es clara: esto nunca ocurre en el caso de la explicación deductiva^[34]. De este modo la explicación deductiva todavía sirve como un caso paradigmático con el cual deben medirse todas las formas de explicación^[35]. Este análisis recibe un apoyo ulterior del modo en que Hempel resuelve el problema de la ambigüedad de la explicación estadística.

Hempel resuelve el problema invocando al requisito de Carnap de evidencia total. «En la aplicación de la lógica inductiva a una situación de conocimiento dada, hay que tomar la evidencia total disponible como base

para determinar el grado de confirmación^[36]». Este requisito resuelve el problema mediante la eliminación de todas las explicaciones propuestas menos una. En el ejemplo que consideramos antes, la primera explicación, que olvidaba incluir el dato sobre la edad de Jones y la probabilidad de que un octogenario se recupere de una infección de estreptococos, es inaceptable puesto que viola el requisito de evidencia total. Y en general, una vez que el criterio de evidencia total se toma en cuenta, sólo uno de una serie de fenómenos mutuamente inconsistentes puede ser explicado. El resultado de la discusión Hempeliana de la ambigüedad de la explicación estadística es la eliminación de la ambigüedad, a pesar de su aserción de que «la lógica de la sistematización estadística difiere fundamentalmente de la lógica de la sistematización nomológico-deductiva^[37]», y la ambigüedad de la sistematización estadística es «un síntoma palmario de la diferencia^[38]». Puesto que la explicación estadística parece ser diferente de la explicación deductiva en este punto, aquélla es considerada como problemática, y es la demostración de que esta diferencia es sólo aparente, lo que constituye, para Hempel, una solución aceptable del problema. Así pues, tanto el problema de la ambigüedad de la explicación estadística como el criterio para una solución aceptable de este problema derivan del papel paradigmático de la lógica deductiva en el programa de investigación de los empiristas lógicos.

EXPLICACIÓN Y VERDAD

Hay un aspecto más de la explicación científica que debe ser considerado aquí: el proceso mediante el cual leyes aceptadas se explican por teorías y teorías restringidas por teorías más amplias. Desde el punto de vista de la sola lógica de la explicación no surgen nuevas cuestiones pero sí que éstas se plantean si nos instalamos en el contexto de la historia de la ciencia, porque es aquí donde encontramos la acostumbrada imagen de la ciencia como un proceso de crecimiento acumulativo del conocimiento. De acuerdo con esta imagen, las teorías (y las leyes) son propuestas para cubrir un ámbito particular de fenómenos y más tarde explicadas subsumiéndolas en teorías más amplias, más comprensivas. Nagel, por ejemplo, describe este proceso como:

[...] la expansión normal de algún cuerpo de la teoría, propuesto inicialmente para un cierto dominio extensivo de fenómenos, de tal modo que las leyes que previamente puede haberse descubierto que valen en un sector restringido de este dominio, o en algún otro dominio homogéneo en un sentido prontamente identificable con el primero, resulten ser derivables de esa teoría, cuando

está adecuadamente especializada. Por ejemplo, las *Dos nuevas ciencias* de Galileo fue una contribución a la física de la caída libre de los cuerpos terrestres; pero, cuando Newton mostró que su propia teoría general de la mecánica y la gravitación, cuando se complementa con condiciones restrictivas adecuadas, implicaba las leyes de Galileo, estas últimas fueron incorporadas a la teoría newtoniana como un caso especial^[39].

En el repertorio de ejemplos de tal proceso figuran también la explicación de las leyes del movimiento planetario de Kepler por la teoría de Newton y la tesis de que la mecánica newtoniana es a su vez explicada como un caso especial de la teoría de la relatividad^[40].

Pero un momento de reflexión mostrará que la descripción anterior de la relación entre la ley de Galileo y la teoría de Newton no es en absoluto correcta; la ley de la caída de los cuerpos de Galileo no puede deducirse de la mecánica de Newton, ni siquiera de la mecánica de Newton en conjunción con la premisa adicional de que el cuerpo que cae está «cercano» a la Tierra. De acuerdo con Galileo un cuerpo cae a la Tierra con una aceleración constante, pero, de acuerdo con Newton, la aceleración es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia al centro de la Tierra y de este modo crece constantemente mientras cae el cuerpo. El hecho de que para un cuerpo suficientemente cercano a la superficie de la Tierra el cambio en la aceleración sea pequeño es bastante irrelevante para el punto en cuestión, el cual es que la teoría de Newton, incluso en el supuesto de que se la suplemente con condiciones restrictivas, no *entraña* la ley de Galileo.

Esencialmente el mismo punto rige para la relación entre las leyes de Kepler y la teoría de Newton. De acuerdo con Kepler, los planetas tienen órbitas elípticas, y es verdad que la aplicación de las leyes de Newton a un sistema consistente en un único planeta y el Sol nos permite deducir que la órbita del planeta es elíptica. Pero parte de lo que la teoría newtoniana nos dice es que no podemos limitar nuestras consideraciones a sólo un único planeta y el Sol, puesto que los otros planetas también ejercen una atracción gravitatoria sobre el planeta en cuestión, y la órbita resultante no es elíptica. Ciertamente, el hecho de que los planetas se atraigan entre sí es una parte importante de la *universalidad* del principio de gravitación universal de Newton, el cual constituye un importante avance sobre Kepler, quien creía que el sol era un tipo de cuerpo fundamentalmente diferente de los planetas y que era él solo el que los movía. De este modo, mientras que es verdad que la mecánica de Newton da lugar a una órbita elíptica en el caso del problema de los dos cuerpos, no produce una órbita elíptica para el caso real de ninguno de los planetas. Ignorar la presencia de los otros planetas no es aplicar condiciones restrictivas apropiadas, sino más bien ignorar una parte

fundamental del contenido de la teoría de Newton. Es, por supuesto, perfectamente legítimo para el científico llevar a cabo en la práctica esta simplificación al efectuar cálculos, pero no es legítimo para el lógico hacer la misma simplificación cuando desea mantener que la teoría de Newton *entraña* la ley de Kepler.

Lo mismo cabe decir, con mayor fuerza aún, en el caso de la tercera ley de Kepler, la de que el cubo de la distancia media de un planeta al Sol dividido por el cuadrado del período de revolución es una constante para todos los planetas ($a^3/T^2 = \text{constante}$). La ley que puede deducirse de la teoría de Newton es que $a^3/T^2 = K(M + m)$ donde « K » es una constante, « M » la masa del Sol, y « m » la masa del planeta en cuestión. Pero « $M + m$ » no es una constante, puesto que diferentes planetas tienen diferentes masas. Sólo ignorando « m » sobre la base de que para los miembros de nuestro sistema solar es mucho menor que « M », es como podemos lograr una ley que se parezca a la ley de Kepler. Pero no sólo no se puede deducir esta ley de la teoría de Newton; ignorar « m » consistentemente es imposible si hacemos uso de la mecánica celeste de Newton, puesto que no puede haber fuerza gravitatoria sobre un cuerpo de masa cero ($F = GmM/r^2$)^[41]. Cualquiera que sea la relación que pueda haber entre la teoría de Newton y las leyes de Kepler no es claramente una relación de *entrañamiento*.

Una estimación de alguna manera diferente de la situación es la dada por Hempel. Considerando la relación entre la ley de Galileo y la mecánica de Newton, escribe:

Pero, aunque la ley de Newton, estrictamente hablando, contradice la de Galileo, muestra que esta última es casi exactamente satisfecha en la caída libre sobre distancias cortas. Con un poco más de detalle podríamos decir que la teoría newtoniana de la gravitación y del movimiento implica sus propias leyes concernientes a la caída libre bajo varias circunstancias. De acuerdo con una de estas circunstancias, la aceleración de un objeto pequeño cayendo libremente hacia un cuerpo esféricamente homogéneo varía inversamente al cuadrado de su distancia desde el centro de la esfera y, de este modo, aumenta en el curso de la caída; y la uniformidad expresada por esta ley es explicada en un sentido estrictamente deductivo por la teoría newtoniana. Pero, cuando se conjunta con la suposición de que la Tierra es una esfera homogénea de masa y radio específicos, la ley en cuestión implica que, para la caída libre en distancias cortas cerca de la superficie de la Tierra, la ley de Galileo mantiene un alto grado de aproximación; en este sentido puede decirse que la teoría aporta una *explicación nomológica-deductiva aproximativa* de la ley de Newton^[42].

Este pasaje es, en muchos aspectos, extraño. Por una parte, Hempel concede que la ley de Galileo no puede, estrictamente hablando, ser deducida de la mecánica de Newton y, sin embargo, desea mantener todavía que la ley es explicada por esa teoría; pero no está en absoluto claro de qué clase de explicación se está hablando. Hempel parece estar introduciendo una

categoría nueva de explicación, explicaciones aproximativamente nomológico-deductivas, pero no se ofrece ningún análisis de este tipo de dicha categoría. Todo lo que podemos inferir del nombre que da a esta nueva forma de explicación es que es, en algún sentido, una forma de explicación deductiva, mas no está aún claro qué formas de deducción van a ser permitidas aparte de la deducción estricta. Y no sería suficiente replicar que todo lo que se quería decir es que la teoría de Newton entraña una ley que da resultados numéricos que son aproximativamente iguales a los de Galileo en un ámbito particular de casos. Porque, mientras que esto es indudablemente verdad, lo mismo puede decirse de un número infinito de otras posibles leyes, ninguna de las cuales sería descrita por Hempel como implicada por la teoría de Newton.

De modo similar, considerando la relación entre las leyes de Kepler y las de Newton, Hempel escribe:

En el caso de la explicación de las leyes de Kepler por medio de la ley de la gravitación y de las leyes de la mecánica, la deducción admite una conclusión de la cual la generalización a explicar es sólo una aproximación. Entonces los principios explicativos no sólo muestran por qué vale una ley presumiblemente general, al menos en aproximación, sino que también proporciona una explicación de las desviaciones^[43].

De nuevo debemos preguntar qué clase de explicación está aquí involucrada. Mientras que puede haber un sentido intuitivo en el que diríamos que las leyes de Newton explican por qué las leyes de Kepler dan aproximadamente el resultado correcto, el sentido de «explicación» no es aquí el sentido deductivo. Ninguna explicación de por qué las leyes de Kepler difieren de las de Newton puede deducirse de la mecánica newtoniana. Tampoco este inanalizado sentido de «explicación» parece ajustarse a cualquiera de las otras formas de explicación que Hempel ha examinado. Claramente algo ha desaparecido. Será instructivo tratar de clarificar qué ha ocurrido.

La faceta crucial de la discusión es que, tratando de mostrar cómo las leyes de Kepler y Galileo han sido explicadas por la mecánica de Newton, Hempel y Nagel niegan, en efecto, que las leyes de Kepler y Galileo hayan sido sobreseídas, que se haya demostrado que son falsas. Tanto para Hempel como para Nagel, los trabajos de Galileo y Kepler son logros trastocados de método científico. No hay duda de que, siendo buenos empiristas, Hempel y Nagel, junto con muchos otros empiristas lógicos, rechazarían esta pretensión. Todas las proposiciones científicas —se nos recuerda continuamente— están

basadas en la experiencia y pueden ser relevadas por una experiencia ulterior: ésta es una tesis fundamental del empirismo. Con todo, a pesar de la frecuente repetición del eslogan por los empiristas lógicos, un examen de su práctica filosófica muestra que hay una clara tensión entre este principio empirista y la competidora creencia de que, pese al hecho de que el método científico es empírico, sus resultados son verdaderos y se mantienen siempre. La última noción fue una parte explícita del programa del positivismo lógico, en particular de la teoría de verificación del significado, pero la tesis general de que una aplicación correcta del «método empírico» establecerá la verdad científica de una vez y para siempre se remonta por lo menos a Bacon. Hemos visto que los lógicos empiristas contemporáneos han liberalizado considerablemente la teoría del significado original, pero, a pesar de esto, la opinión de que la ciencia proporciona realmente verdades finales ha permanecido siendo una presunción controlada de la filosofía de la ciencia del empirismo lógico, mientras que el rechazo empirista ha sido manifestado en ocasiones rituales y usado como un arma contra los oponentes. Permítanme tratar de documentar este rechazo de forma más completa^[44].

El grado de vacilación de los empiristas lógicos en esta cuestión está bien ilustrado por Reichenbach. Por un lado reprende a sus compañeros empiristas por no haber apreciado adecuadamente la naturaleza probable de todo conocimiento empírico.

La idea de que el conocimiento es un sistema aproximativo que nunca se convertirá en «verdadero» ha sido reconocida por casi todos los escritores del grupo empirista, pero nunca han sido suficientemente extraídas las consecuencias lógicas de esta idea. El carácter aproximativo de la ciencia ha sido considerado como un mal necesario, inevitable para todo conocimiento práctico, pero no para ser tomado en cuenta entre las facetas esenciales del conocimiento; el elemento probabilístico en la ciencia fue tomado como una faceta provisional, apareciendo en la investigación científica en tanto en cuanto está en el sendero del descubrimiento, mas desapareciendo en el conocimiento como un sistema definitivo^[45].

Pero un poco más tarde, discutiendo si todo pensamiento requiere el lenguaje, Reichenbach escribe: «Esta es una cuestión a la que los psicólogos no han dado una solución definitiva^[46]». Y en *The Rise of Scientific Philosophy* Reichenbach pone énfasis primero en que «las teorías físicas dan cuenta del conocimiento observacional de su tiempo; no pueden pretender ser verdades eternas»^[47], pero continúa para afirmar que la dualidad onda-partícula es una consecuencia ineludible de la naturaleza estructural de la materia»^[48], y que, como resultado de los experimentos de Davisson y Gerrer, «la existencia de ondas materiales estaba asegurada fuera de toda duda»^[49]. Podrá replicarse que esos son sólo errores estilísticos menores, pero

un análisis más profundo de algunas de las posiciones centrales del empirismo lógico mostrará que éste no es en absoluto el caso.

Hemos visto que en «Estudios de la lógica de la explicación» Hempel y Oppenheim mantienen que «los enunciados que constituyen el *explanans* deben ser verdaderos»^[50]. Continúan poniendo énfasis en que no es suficiente que el *explanans* esté altamente confirmado. Porque, según el principio del empirismo, cualquier proposición altamente confirmada puede ser derrocada, lo que nos conduciría a una situación en la cual debemos mantener que una explicación que fue una vez adecuada ya no lo es. Pero en tal caso es preferible —mantienen Hempel y Oppenheim— rechazar la primera explicación por no haber sido nunca una explicación genuina^[51]. De este modo han hecho distinción entre las proposiciones que son verdaderas y las que son sólo altamente confirmadas, y, puesto que aparentemente mantenían que la ciencia explica realmente, debían también haber mantenido que la ciencia puede ir más allá de un alto grado de confirmación y descubrir premisas que son verdaderas, esto es, que nunca pueden ser derrocadas. Si, por este análisis, la ley de Galileo, por ejemplo, proporciona realmente una explicación de la caída libre cerca de la superficie de la Tierra, entonces la ley de Galileo debe ser verdadera y no puede ser derrocada por la teoría de Newton, incluso si la teoría de Newton parece inconsistente con ella. La labor del filósofo de la ciencia que trabaja en la tradición del empirismo lógico se convierte entonces en un intento de encontrar una interpretación de esta inconsistencia que le permitirá mantener que tanto las leyes de Newton como las de Galileo son verdaderas. Esto es lo que Hempel trata de hacer cuando introduce la noción de una explicación deductiva aproximada. Más recientemente, Hempel ha modificado su posición y ha reconocido que son posibles explicaciones legítimas con premisas que están sólo altamente confirmadas. Esto produce dos tipos diferentes de explicaciones: explicaciones verdaderas y explicaciones que están más o menos bien confirmadas^[52]. Pero no hay nada en la discusión de Hempel sobre esta cuestión que nos dé razón para creer que ha abandonado la noción de que las explicaciones verdaderas son factibles en la ciencia y la consecuente noción de que la ciencia es capaz de establecer la verdad final de las proposiciones.

Volviendo ahora a la discusión que lleva a cabo Nagel de este extremo, encontramos que su posición es considerablemente más sutil que la de Hempel. Discutiendo los requerimientos epistémicos de una explicación satisfactoria, Nagel mantiene que «el requerimiento de que las premisas de una explicación satisfactoria hayan de ser verdaderas parece inexcusable»^[53],

pero al mismo tiempo niega que sea necesario saber que estas premisas son verdaderas. En apoyo de esta última posición Nagel argumenta:

De hecho, *no* sabemos si las premisas universales sin restricción asumidas en las explicaciones de las ciencias empíricas son realmente verdaderas; y, si fuese preciso adoptar ese requerimiento, muchas de las explicaciones ampliamente aceptadas en la ciencia actual tendrían que ser rechazadas como insatisfactorias. Esto es, en efecto, una *reductio ad absurdum* del requerimiento^[54].

Sería difícil encontrar una expresión más clara de la tensión entre estas dos tesis —la que sostiene que todas las leyes científicas propuestas son hipótesis refutables y la que afirma que la ciencia descubre verdades finales— que la dada en los dos pasajes que se acaban de citar. Porque en el segundo pasaje Nagel mantiene que cualquier punto de vista que implique que la mayoría de las explicaciones científicas actualmente aceptadas son inaceptables es absurdo. (Nótese que Nagel dice que la *mayoría*, no todas, las explicaciones actualmente aceptadas caerían si exigiésemos que ha de saberse que las premisas son verdaderas. Entiendo, pues, que, de acuerdo con Nagel, hay algunas explicaciones científicas actualmente aceptadas en las que las premisas son verdaderas y se sabe que lo son.) De este modo, Nagel está manteniendo que la ciencia actual incluye un buen número de explicaciones científicas aceptables. Pero ya ha argumentado que una explicación científica aceptable ha de tener premisas verdaderas, de modo que ha de mantener que un buen número de teorías científicas contemporáneas son realmente verdaderas. Suponiendo que Nagel considera que las premisas de su propio argumento por *reductio ad absurdum* son no sólo verdaderas sino también cognosciblemente verdaderas (y ha de hacerlo si desea afirmar la conclusión), se sigue que mantiene que realmente sabemos que muchas explicaciones científicas actualmente aceptadas son satisfactorias y, por lo tanto, tienen premisas verdaderas, pero que no sabemos qué tesis científicas caen dentro de esta clase. Nagel no explica cómo sabemos que el enunciado «Muchas exposiciones científicas actualmente aceptadas son verdaderas» es verdadero, y, en particular, no explica si esta tesis ha sido establecida por indagación científica o por otros medios, pero el punto importante para nuestros propósitos es que Nagel mantiene claramente que la ciencia ha establecido ya un amplio número de proposiciones verdaderas.

Un ejemplo más servirá para redondear esta discusión. En un ensayo reciente, Feigl, objetando a esos nuevos escritores que sostienen que la ciencia está basada en presuposiciones, escribe:

Como Reichenbach señaló hace ya largo tiempo, la ciencia progresa «asegurando» sucesivamente sus varias pretensiones de conocimiento. Por ejemplo, la óptica de telescopios, microscopios, espectroscopios, etc., es ciertamente presupuesta en el examen de hipótesis astrofísicas, biológicas, etc. Pero estas presuposiciones —aunque estén, por supuesto, siempre abiertas en principio a (y en raros casos realmente necesitadas de) revisión están comparativamente mucho mejor establecidas que las «más lejanas», hipótesis sometidas a escrutinio^[55].

En este pasaje Feigl rinde tributo a su obediencia ritual a la posibilidad — en principio— de derrocar tesis de conocimiento científico «establecida», pero es claro que ahí no hay mucho más que obediencia ritual. A pesar de que en este ensayo suyo insiste en que el dominio propio del filósofo de la ciencia son los problemas de lógica y metodología, Feigl no considera la posibilidad lógica de que el derrocamiento de tesis aceptadas del conocimiento científico sea realmente importante. Sospecho, una vez más, que ello es porque Feigl está operando dentro de los confines de la presuposición del empirismo lógico de que, con la posible excepción de «casos raros», la ciencia ciertamente logra asegurar la verdad final de sus pretensiones de conocimiento.

Hay dos aspectos de esta discusión que son particularmente importantes aquí para nuestros propósitos. El primero es la imagen de la historia de la ciencia que está implícita en la opinión de que la ciencia establece proposiciones verdaderas. De acuerdo con este punto de vista, la historia de la ciencia, desde sus inicios, ha sido la de una constante acumulación de proposiciones verdaderas. La investigación ulterior incrementa nuestro acervo de proposiciones verdaderas, y, puesto que algunas de estas proposiciones añadidas son más generales que otras ya establecidas, la unidad de la ciencia es continuamente incrementada. Cualquier proposición científica —se nos dice— es en principio refutable, pero de hecho sólo muy raramente la investigación ulterior tiene como resultado el derrocamiento de logros científicos previos. El segundo aspecto a considerar es que, paralelamente a semejante visión de la historia de la ciencia, surge un insospechado proyecto de investigación para el filósofo que vuelve su atención sobre este campo, puesto que, al menos *prima facie*, la historia de la ciencia no parece ser la de una acumulación constante. (El propio Feigl admite que los empiristas lógicos han sido reacios a contemplar la historia real de la ciencia, y que más bien han preferido construirla *a priori*^[56]). Parece haber un gran número de teorías que han servido por un tiempo y después han sido abandonadas, muchas situaciones en las que los científicos han continuado haciendo uso de teorías que tenían todas las razones para creer falsas, casos en los que teorías que se creyeron refutadas de una vez y para siempre han reaparecido, y ocasiones incluso en las que los científicos han rehusado aceptar un dato que era

inconsistente con teorías aceptadas. Pero, como suele suceder en la mayoría de los proyectos de investigación, el empirista lógico no necesita aceptar estas situaciones sin más; puede, en vez de ello, buscar formas de reconciliarlas con la presuposición que él ha adoptado relativa a la naturaleza de la historia de la ciencia. Entre los métodos usados figuran la negación de que ciertas teorías rechazadas, como, por ejemplo, la química del flogisto y la dinámica de Aristóteles, hayan sido, en primer lugar, ciencia alguna vez, y los esfuerzos que acabamos de considerar de Hempel en su intento de salvar la verdad de las leyes de Galileo y Kepler. Pero es mejor dejar para la parte segunda la ulterior discusión de este tema. Por el momento, el punto importante es reconocer que la tesis de que la ciencia establece proposiciones verdaderas juega el papel de una presuposición básica en la filosofía de la ciencia del empirismo lógico.

CAPÍTULO V

FALSACIÓN

Antes de concluir esta primera parte de nuestra discusión, examinaremos un planteamiento de la filosofía de la ciencia que es, en muchos aspectos, una transición entre el empirismo lógico y la nueva imagen de la ciencia que vamos a considerar en la parte segunda. Este planteamiento, que ha llegado a ser conocido como *falsacionismo*, fue introducido por Karl Popper en su *Lógica de la investigación científica*^[1]. La tesis central de Popper es que no hay proceso de inducción por el que sean confirmadas las teorías científicas y, por tanto, no hay papel en la filosofía de la ciencia para una teoría de la confirmación tal y como la entienden los empiristas lógicos. Parece que esto constituiría una ruptura fundamental con el programa de investigación del empirismo lógico, pero veremos que una buena porción de la obra de Popper está, sin embargo, controlada precisamente por aquellos supuestos filosóficos que hemos venido examinando. En efecto, en el pensamiento de Popper hay dos tendencias en conflicto. Una de estas tendencias es una concepción falsacionista estricta de la ciencia, de acuerdo con la cual contrastamos las teorías científicas deduciendo consecuencias de ellas y rechazando aquellas teorías que implican una sola consecuencia falsa. Es esta concepción de la ciencia la que por lo general, hasta hace poco, ha sido atribuida a Popper por casi todos los filósofos de la ciencia^[2], incluyendo al mismo Popper^[3]. Pero al lado de esta interpretación usual de la obra de Popper hay una segunda tendencia que constituye una ruptura mucho más neta (aun cuando en modo alguno completa) con el empirismo lógico, y tiene mucho en común con el nuevo planteamiento a discutir en la segunda parte de este libro. Por esta posición dual considero a Popper como una figura de transición. Comenzaré por desarrollar la interpretación más usual de la obra de Popper.

FALSACIONISMO ESTRICTO

Para Popper, el problema central de la filosofía de la ciencia es lo que él llama el problema de la *demarcación*, es decir,, el problema de hallar un criterio por el que podamos distinguir las teorías científicas de la metafísica y la pseudo-ciencia^[4]. A primera vista pudiera parecer que éste sea el mismo punto de partida que el de los positivistas, mas, para Popper, un criterio de demarcación no es una teoría del significado y la metafísica no carece de sentido. Popper no considera que el problema del significado sea un problema serio, y al buscar un criterio de demarcación lo único que está intentando es delimitar un área del discurso significativo: la ciencia^[5].

El criterio de demarcación que Popper encuentra implícito en la obra de los positivistas pudiera ser denominado «verificacionismo»: la característica distintiva de las proposiciones científicas es que pueden ser confirmadas por la experiencia. Y esta concepción, como hemos visto, ha de subdividirse a su vez en dos: la tesis primitiva, sostenida, por ejemplo, por Wittgenstein y Schlick, según la cual es posible una verificación completa de las aseveraciones científicas, y la ulterior concepción de escritores como Carnap, Hempel y Reichenbach, según la cual la experiencia puede confirmar las proposiciones científicas en el sentido de mostrar que son probables. Popper rechaza formas de verificacionismo y, desde luego, cualquier intento de construir una lógica inductiva. Sus principales objeciones a la lógica inductiva son las tradicionales. Por una parte, las inferencias inductivas no son inferencias lógicas en el solo sentido de «lógica» que admitirá Popper, es decir, transformaciones tautológicas como las que hallamos en la lógica deductiva de *Principia Mathematica*. La característica crucial de tales transformaciones es que la conclusión de un argumento no puede tener mayor contenido que las premisas, pero ningún intento de demostrar una proposición universal sobre la base de premisas que consistan en un conjunto finito de proposiciones singulares puede ser jamás un argumento lógicamente válido en este sentido. Por otra parte, si interpretamos los argumentos inductivos apelando al uso de algún principio sintético de inducción, entonces este principio mismo ha de ser justificado, y, a menos que aceptemos alguna forma de justificación a priori de la inducción, cosa que ningún empirista está dispuesto a hacer, hemos de intentar justificar el principio de inducción inductivamente. Pero entonces el argumento o bien se torna circular o conduce a un infinito regreso de principios de inducción. Los intentos de modificar la tesis inductivista y sostener que la inducción sólo muestra que la conclusión es probable caen, según Popper, bajo las mismas objeciones. Este planteamiento requiere un nuevo principio de inducción, apropiadamente modificado, que ha de estar a

su vez justificado (esto es, se debe haber mostrado que es probable en algún grado, puesto que dicho principio tampoco es ni analítico ni sintético *a priori*), y así sucesivamente^[6].

Habiendo rechazado la tesis de que las proposiciones científicas o bien pueden ser verificadas o bien se les puede asignar valores de probabilidad, Popper intenta reconstruir la lógica de la ciencia de una manera tal que la sola lógica deductiva sea suficiente para la evaluación de las aserciones científicas. Esta reconstrucción da lugar a un nuevo criterio de demarcación. Porque, aun cuando no pueda deducirse una proposición universal de conjunto alguno de enunciados de observación, otras proposiciones pueden ser deducidas de proposiciones universales, y, en particular, enunciados de observación pueden ser deducidos de proposiciones universales suplementadas con enunciados apropiados de condiciones iniciales y condiciones delimitadoras^[7]. Si se muestra por experiencia que uno de estos enunciados de observación deducidos es falso, se sigue deductivamente, por *modus tollens*, que la proposición universal en cuestión es falsa. A causa de esta asimetría lógica entre verificación y falsación propone Popper su nuevo criterio de demarcación: una proposición es científica sólo si puede ser *falsada* por experiencia^[8]. Desarrollemos esta propuesta por medio de un ejemplo.

Considérese el clásico experimento en que se tomaron medidas de las posiciones aparentes de estrellas que, durante un eclipse, parecían estar próximas al disco solar. El experimento fue llevado a cabo en 1919 para someter a contrastación una consecuencia de la teoría general de la relatividad de Einstein que difería de la consecuencia que se seguía de la teoría newtoniana de la gravitación. La teoría de Einstein (en conjunción con una teoría apropiada de la luz) predecía que el campo gravitatorio del Sol curvaría los rayos de luz que pasaran cerca, mientras que la teoría de Newton no había predicho tal desviación (o todo lo más predecía una desviación mucho menor, según cuál fuese la teoría de la luz utilizada en los cálculos). Observando la posición aparente de estrellas cercanas al Sol y comparando este resultado con la posición conocida de esas estrellas, computada en base a otras observaciones efectuadas en momentos en que su luz no pasaba cerca del Sol, podría determinarse el efecto de la gravedad solar sobre la luz. Los resultados de las observaciones estuvieron de acuerdo con las predicciones de la relatividad general y fueron contrarios a las predicciones de la teoría de Newton. Para Popper, esta observación constituye una refutación de la teoría de Newton; pero no constituye una verificación o prueba de la relatividad general, ni le confiere a ésta un valor de probabilidad (aun cuando enseguida

veremos que le confiere algo distinto, que Popper denomina «corroboración»). Habiéndose mostrado que es falsa, la teoría de Newton debe ser al punto abandonada, pero continúa siendo una teoría *científica*.

Es este rasgo lógico consistente en ser deductivamente falsables lo que distingue a las teorías científicas. Las teorías pseudo-científicas tales como la astrología hacen a menudo predicciones correctas, pero son formuladas de modo que les permite evadir cualquier falsación, y por esa razón no son científicas. Pero las teorías científicas no sólo han de ser empíricamente falsables, sino que un aserto científico ha de ser rechazado tan pronto como se encuentre una sola instancia falsadora. Así, escribe Popper en la *Lógica de la investigación científica*:

En general consideramos una falsación intersubjetivamente contrastable como final (supuesto que esté bien contrastada): éste es el modo en que se hace sentir la asimetría entre verificación y falsación de teorías [...]. Una estimación corroboradora efectuada en fecha ulterior —esto es, una estimación efectuada después de que nuevos enunciados básicos hayan sido añadidos a los ya aceptados— puede reemplazar un grado positivo de corroboración por uno negativo, pero no a la inversa^[9].

Más recientemente, discutiendo las observaciones de la desviación de la luz, Popper escribe: «Si la observación muestra que el efecto predicho está definitivamente ausente, entonces la teoría es simplemente refutada^[10]». De modo similar, un poco después en el mismo ensayo, añade Popper, refiriéndose a la teoría psicoanalítica, que «hay que disponer de *criterios de refutación* establecidos: hay que estipular qué situaciones observables significan, si se las observa realmente, que la teoría está refutada^[11]». Si los proponentes de una teoría pretenden protegerla de la falsación mediante estratagemas tales como la adición de hipótesis *ad hoc* o la reinterpretación de los postulados teóricos como definiciones (jugadas que son siempre lógicamente posibles), hacen con ello infalsable a la teoría, y de este modo, de acuerdo con el criterio de demarcación de Popper, la despojan de su estatuto de teoría *científica*.

Hay otro modo de exponer la tesis de la falsabilidad que es también iluminador. En la notación de la lógica de los *Principia*, cualquier proposición universal tal como « $(x)(Px \supset Qx)$ » es lógicamente equivalente a la negación de una proposición existencial: « $\sim(\exists x)(Px \cdot \sim Qx)$ ». Lo que esta última proposición dice es que un cierto tipo de situación empírica, una situación en la cual un objeto singular es a la vez *P* y no *Q*, no puede ocurrir. El descubrimiento de un solo objeto que sea a la vez *P* y no *Q* nos suministra una premisa, « $Pa \cdot \sim Qa$ », de la que podemos deducir la falsedad de la

proposición universal sin que importe el número de instancias de objetos que sean a la vez P y Q que hayamos observado ya. Desde este punto de vista, lo mejor es interpretar las proposiciones universales como enunciados de prohibiciones, como prohibición de la ocurrencia de ciertas situaciones empíricas^[12], y puede tomarse el dominio de las situaciones que prohíbe una teoría como una medida del contenido empírico de ésta: cuanto más prohíbe una teoría, tanto más dice, y cuanto más dice, mayores son los riesgos de que sea refutada^[13]. Este análisis arroja nueva luz sobre las objeciones de Popper a la versión probabilitaria de la lógica inductiva, puesto que las teorías científicas importantes son aquellas que tienen el mayor contenido empírico, y son, por tanto, las menos probables^[14]. La ciencia no progresa como resultado de los esfuerzos de los científicos por salvaguardarla ofreciendo hipótesis que se acerquen todo cuanto sea posible a la evidencia de que se disponga. Por el contrario, la ciencia progresa como resultado del hecho de que los científicos hagan conjeturas audaces que vayan más allá de los datos de que se dispone; una vez efectuadas sus conjeturas, el interés primario del hombre de ciencia al contrastar sus teorías no está en el intento de probar que sean verdaderas, sino en el intento de refutarlas^[15].

Hemos visto que, según Popper, el descubrimiento de instancias que están de acuerdo con las predicciones de una teoría ni confirma a la teoría ni le confiere un grado de probabilidad, pero de esto no se sigue que esas instancias sean totalmente irrelevantes para la evaluación de la teoría; bajo ciertas circunstancias sirven como instancias corroboradoras. Una teoría es corroborada cuando pasa un test o contrastación, esto es, cuando una observación cuyo resultado hubiera podido refutar la teoría no logra refutarla^[16]. En qué medida una contrastación particular tiende a incrementar el grado de corroboración depende de la severidad de esa contrastación. Pasar una contrastación severa, en la que un resultado favorable para la teoría es altamente inverosímil, incrementa el grado de corroboración más que pasar una contrastación fácil; pero, a diferencia de aquellos defensores de la lógica inductiva que afirman poder asignar valores numéricos de probabilidad a las hipótesis científicas, Popper sostiene que «no podemos definir un grado de corroboración numéricamente calculable, sino que sólo podemos hablar, sin más precisión, en términos de grados de corroboración positivos, grados de corroboración negativos, etc.^[17]».

De acuerdo, pues, con esta interpretación de Popper, la historia de la ciencia consiste en una serie de conjeturas y refutaciones. La tarea del científico es ofrecer conjeturas, hipótesis que no tienen fundamento lógico en

absoluto, y luego tratar de refutarlas. El proceso de refutación consiste en deducir de nuestra teoría (en conjunción con condiciones iniciales y delimitadoras apropiadas) resultados observables y luego deducir la falsedad de nuestras conjeturas cuando se muestre que no es el caso que se den los resultados observables predichos. La única lógica de la ciencia es la lógica deductiva; todos los demás factores que puedan entrar en la investigación científica son alógicos y, por tanto, irrelevantes para el filósofo de la ciencia, cuyo interés es la «lógica del conocimiento»^[18], aun cuando puedan formar parte del objeto de ciencias empíricas tales como la psicología y la sociología.

El grado en que este análisis de la ciencia se inscribe llanamente dentro del marco de supuestos del empirismo lógico debería estar claro. Para empezar, Popper considera que los problemas del filósofo de la ciencia son problemas lógicos y que las transformaciones tautológicas de los *Principia Mathematica* son el canon de la lógica. Y, aunque rechaza el intento de construir una teoría de la confirmación, lo hace por una razón perfectamente respetable desde el punto de vista del empirismo lógico: que no puede ser construida ninguna *lógica* inductiva que sea adecuada. De modo similar, Popper coincide con los empiristas lógicos en sostener que la objetividad de la ciencia deriva del hecho de que sea construida sobre una «base empírica». La base empírica consiste en proposiciones existenciales singulares a las que Popper denomina «enunciados básicos^[19]», las proposiciones familiares de la forma «*Px*», que nos dicen que una cosa o suceso particular está en una región particular del espacio-tiempo. Estas proposiciones son aceptadas como resultado de la observación, y sirven de premisas para la refutación de teorías propuestas y de base para aceptar una teoría como corroborada cuando fallan los intentos de refutación. Pero echemos ahora una ojeada a la otra cara de la moneda popperiana.

ENUNCIADOS BÁSICOS

La segunda interpretación de Popper, que ha adquirido importancia en los últimos años^[20], puede plantearse mejor que de ningún otro modo mediante un reexamen del *status* epidémico de los enunciados básicos y del papel que juegan en el proceso de falsación. Comenzaremos por la primera de esas dos cuestiones y continuaremos aceptando, por el momento, el supuesto de que los enunciados básicos sirven de premisas en los argumentos falsadores.

Evidentemente, la fuerza de cualquier falsación particular depende del *status* epistémico de los enunciados básicos, puesto que todo el planteamiento de Popper se funda en el hecho de que hay una relación lógica que nos permite inferir la negación de un enunciado universal a partir de una premisa singular. En vista del continuo énfasis de Popper en la conclusividad del argumento del *modus tollens*, no es sorprendente que se le haya interpretado tan a menudo como sosteniendo que las falsaciones son, en todos los casos, definitivas. Pero la conclusividad del argumento del *modus tollens* no basta, por sí mismo, para establecer el carácter definitivo de falsación alguna. A fin de lograr esto, deben establecerse con carácter último o definitivo los propios enunciados básicos que sirven de premisas en argumentos de falsación. Popper niega que esto se pueda hacer; claro está, sostener que los enunciados básicos pudieran conocerse indubitablemente sería inconsistente con toda su metodología. Consideremos las principales razones por las que Popper no admite y no puede admitir enunciados básicos definitivamente establecidos en su filosofía de la ciencia.

Para empezar, Popper señala que no es posible refutación estricta alguna de una teoría ya que los resultados experimentales siempre pueden ponerse en duda.

Como cuestión de hecho, no puede producirse nunca refutación concluyente alguna de una teoría; pues siempre es posible decir que los resultados experimentales no son fiables, o que las discrepancias que se afirma existen entre los resultados experimentales y la teoría son sólo aparentes y desaparecerán con el progreso de nuestra comprensión. (En la lucha contra Einstein se usaron a menudo estos dos argumentos en apoyo de la mecánica newtoniana). Si uno insiste en usar la prueba estricta (o la refutación estricta) en las ciencias empíricas, nunca le aprovechará la experiencia y nunca aprenderá de ella lo equivocado que está^[21].

Pero si es siempre posible cuestionar los resultados experimentales, entonces ningún enunciado básico puede establecerse con carácter definitivo. Y lo que es más importante: si siempre podemos eludir la falsación sobre la base de que el contraejemplo ya establecido se mostrará en el curso de la investigación posterior como un contraejemplo sólo aparente (como ha sucedido en ciertos casos importantes^[22]), entonces no hay refutación definitiva de una teoría.

Hay, según Popper, una segunda razón, considerablemente más fuerte que el hecho de que los resultados experimentales siempre puedan cuestionarse, una razón que impide el establecimiento concluyente de cualesquiera enunciados básicos. Los enunciados básicos se aceptan o se rechazan como resultado de la experiencia, pero es lógicamente imposible, para la

experiencia, probar o refutar enunciado alguno. Recordemos que la única noción de «prueba» que Popper admite es la de deducción lógica, y las relaciones lógicas sólo rigen entre enunciados. Pero las experiencias no son enunciados, sino eventos psicológicos, y ninguna relación *lógica* puede regir entre un enunciado y un evento psicológico. Existe, sin embargo, una estrecha conexión entre experiencia y enunciados básicos; Popper sostiene, por cierto, la posición empirista de que la experiencia debe proporcionar la base para, todas las teorías científicas y de que son los enunciados básicos los que aportan la base empírica del proceso de contrastación. Pero las experiencias sólo pueden motivar nuestra aceptación de enunciados básicos, no pueden probar estos enunciados^[23].

La tercera y última razón por la que los enunciados básicos no pueden establecerse concluyentemente es acaso la más importante, puesto que es central en todo el planteamiento de Popper. Dado que los enunciados básicos forman parte de argumentos científicos, tienen que ser enunciados científicos, de modo que, de acuerdo con el criterio de demarcación de Popper, deben ser falsables. Afirmar que la ciencia descansa sobre cierto conjunto de informes observacionales indubitables, como lo han hecho muchos empiristas, es para Popper hacer descansar a la ciencia sobre un fundamento no-científico. La concepción de la ciencia como un conjunto de conjeturas y refutaciones se aplica a todos los estratos de la ciencia, desde el informe de resultados experimentales en el nivel inferior hasta la teoría más compleja. *Todos* los enunciados científicos son conjeturas falsables.

¿Cómo, entonces, puede lograrse la falsación? Para Popper, la falsación tiene lugar sólo después de que los científicos coinciden en aceptar un enunciado básico como adecuadamente corroborado.

Toda contrastación de una teoría, ya tenga como resultado su corroboración, ya su falsación, debe detenerse en un enunciado básico u otro que *decidimos aceptar*. Si no llegamos a decisión alguna y no aceptamos un enunciado básico u otro, entonces la contrastación no conducirá a ninguna parte. Pero, considerada desde un punto de vista lógico, la situación no es nunca tal que nos obligue a detenernos en este enunciado básico particular mejor que en aquél, o bien a abandonar la contrastación en su conjunto. Pues cualquier enunciado básico puede, a su vez, ser sometido de nuevo a contrastaciones usando como piedra de toque alguno de los enunciados básicos que pueden deducirse de él con ayuda de cierta teoría, sea la que se contrasta u otra^[24].

De nuevo, «Desde un punto de vista lógico, la contrastación de una teoría depende de enunciados básicos cuya aceptación o recusación depende, a su vez, de *nuestras decisiones*. Por tanto, son las *decisiones* las que determinan el destino de las teorías^[25]». Dicho de modo algo diferente, puesto que la aceptación de un enunciado básico descansa sobre una decisión por parte de

los científicos interesados más que sobre alguna forma de prueba, un enunciado básico aceptado es una convención. Pero Popper sostiene que su filosofía se distingue del convencionalismo de autores como Duhem y Poincaré en que para estos últimos la aceptación de proposiciones universales se determina por convención, mientras que para él es la aceptación de proposiciones singulares la que se determina por convención^[26].

Dado este análisis de los enunciados básicos, parecería conveniente una reconsideración fundamental de la contundencia del falsacionismo de Popper. En particular debemos preguntar si hay diferencias importantes entre el proceso por el cual se falsa una teoría y el proceso por el cual se corrobora. Sigue siendo verdad, por supuesto, que, una vez hemos aceptado un conjunto apropiado de enunciados básicos, podemos refutar formalmente una teoría, en tanto que nunca podemos probar formalmente una teoría. Pero mientras que esto puede ser una diferencia importante desde un punto de vista estrictamente lógico, pierde gran parte de su significación una vez que reconocemos la naturaleza tentativa de los enunciados básicos. Dentro del entramado de la metodología de Popper, el científico puede siempre escoger legítimamente intentar refutar los enunciados básicos indeseados en lugar de usarlos para refutar teorías. Y aunque los enunciados básicos sí tienen un *status* privilegiado para Popper en cuanto convenciones aceptadas como resultado de la experiencia, en caso de que se cuestione un enunciado básico, se diría que el proceso de refutación de una teoría debe suspenderse hasta que el enunciado básico implicado haya sido contrastado y *corroborado*. Por tanto, en ciertos casos al menos, la falsación de una conjetura científica requiere la corroboración previa de otra conjetura científica.

En este punto, el *status* de los enunciados básicos ha llegado a ser completamente ambiguo, y, en razón de su papel fundamental en la metodología de Popper, esta misma metodología se ha vuelto ambigua. O bien los enunciados básicos son convenciones no-falsables y la «base empírica» de la ciencia es ella misma no-científica, o bien son conjeturas falsables y el científico tiene tanto deber de intentar refutarlas como de intentar refutar cualquier otra conjetura científica. Pero, si adoptamos la segunda opción, la conclusión a que acabamos de llegar puede reformularse de un modo más fuerte incluso, puesto que se sigue que, en cualquier caso en el que un enunciado básico se use como premisa en una refutación, el deber de intentar refutar el enunciado básico es equivalente al deber de intentar defender la teoría. Una vez reconocido esto, la persistente retórica popperiana

acerca del deber del científico de intentar refutar sus conjeturas pierde gran parte de su fuerza.

Esta conclusión recibe un apoyo adicional si nos volvemos al segundo tema que he propuesto discutir: el papel preciso que los enunciados básicos desempeñan en el proceso de falsación. Pues, mientras que Popper sostiene que la falsación de una teoría requiere la aceptación de un enunciado básico que la contradiga, también sostiene que «esta condición es necesaria, pero no suficiente^[27]» para la falsación. A Popper le interesa eliminar cualquier sugestión de que una teoría científica pueda ser falsada como resultado de que la contradigan «unos pocos enunciados básicos extraviados^[28]», enunciados básicos que pueden ser el resultado de errores o accidentes. Antes bien, una teoría está falsada sólo después que hemos establecido:

[...] un *efecto reproducible* que refute la teoría. En otras palabras, sólo aceptamos la falsación si se propone y corrobora una hipótesis empírica de bajo nivel que describa tal efecto. Este tipo de hipótesis puede llamarse *hipótesis falsadora*[...]. El añadido de que la hipótesis debería corroborarse se refiere a las contrastaciones que tendría que haber pasado, contrastaciones que la confrontan con enunciados básicos ya aceptados^[29].

Y de nuevo:

Ya se ha indicado brevemente qué papel juegan los enunciados básicos dentro de la teoría epistemológica que defiende. Los necesitamos para decidir si una teoría ha de llamarse falsable, esto es, empírica. Y también los necesitamos para la corroboración de hipótesis falsadoras y, de este modo, para la falsación de teorías^[30].

Por tanto, para Popper las premisas de los argumentos falsadores no son enunciados básicos, sino hipótesis falsadoras que han sido corroboradas como resultado de contrastaciones de enunciados básicos. De este modo resulta que no puede darse ninguna verdadera falsación hasta después de que una hipótesis falsadora haya sido corroborada, de suerte que, a pesar de la asimetría lógica entre verificación y falsación, *todo* caso de falsación requiere una corroboración previa y una falsación no puede ser más fuerte o más final que una corroboración en ningún caso particular.

En este punto no está de ningún modo claro lo que es exactamente la metodología de *La lógica de la investigación científica* de Popper, aunque esté bastante claro que se ha avanzado un largo trecho desde el planteamiento de los empiristas lógicos. En particular, no está claro cómo ha de decidir el científico, en cualquier caso concreto en que una hipótesis de bajo nivel contradiga a una teoría, si rechaza la teoría o intenta defenderla buscando una refutación de la hipótesis. El planteamiento que discutiremos en la parte

segunda no hallará dificultad alguna en este tipo de situación, puesto que la estructura de tales decisiones será analizada en términos del juicio informado del científico individual y de la comunidad científica relevante, pero esto está muy lejos de la exigencia de Popper de reglas metodológicas claras, así como de su tentativa de construir una lógica puramente deductiva de la ciencia. Por otra parte, las ambigüedades de la obra de Popper pueden ayudarnos, al menos, a explicar que un filósofo como Lakatos pueda llamarse popperiano cuando desarrolla una filosofía de la ciencia en la que el papel del experimento y la observación se reduce a un *mínimum absoluto*^[31] y una filosofía del método histórico que hace aceptable el ignorar la evidencia contraria^[32].

A la luz de la discusión anterior merece la pena preguntar por qué Popper y sus discípulos ponen continuamente tanto énfasis en el papel del *modus tollens*, en el *status* privilegiado de la falsación por encima de la corroboración, y en el papel especial de los enunciados básicos en metodología de la ciencia. Una vez más sugiero que las razones de este énfasis han de encontrarse en la prolongada persistencia de las presuposiciones empiristas lógicas. En particular, en la presuposición lógica del papel especial de la lógica formal en filosofía de la ciencia y, en segundo lugar, en la presuposición empirista de que la objetividad de la ciencia deriva completamente de su recurso a la observación o, al menos, a algún conjunto especial de enunciados que tienen una conexión particularmente estrecha con la observación. Una vez que nos vemos libres de estas dos presuposiciones, surge un cuadro muy diferente de la naturaleza de la ciencia, en el cual el juicio de la comunidad científica juega un papel mucho más importante que el que desempeña la aplicación de reglas formales y criterios efectivos, y en el cual teoría y observación están mucho más cerca de ser socios mutuamente iguales en la construcción de la ciencia. Popper desempeñó un papel importante en el progreso de la filosofía de la ciencia en esta nueva dirección, pero no completó la transición él mismo.

Hay un punto más que merece ser elaborado antes de abandonar nuestra discusión de Popper, puesto que proporciona un ejemplo notable del penetrante papel de las presuposiciones en el pensamiento humano. Gran parte de este capítulo ha estado dedicada a contraponer lo que podrían llamarse las dos diferentes filosofías popperianas: falsacionismo estricto, que era la interpretación de Popper dominante hasta hace relativamente poco tiempo y que, como hemos visto, ha suscrito a veces el propio Popper, y un falsacionismo modificado mucho más débil que se deriva del análisis

completo de los enunciados básicos. Sólo recientemente ha entrado esta última filosofía popperiana en el foco central de las discusiones metodológicas a pesar de su sólida fundamentación en el texto de su *Lógica de la investigación científica* y, si, como Popper sostiene, la opinión de que él fue una vez falsacionista estricto es un malentendido^[33], no es en modo alguno el malentendido más grave al que se ha sometido su obra. Muchos autores han tomado su criterio de demarcación por un *criterio de significado* que él ofrecía como alternativa a la teoría positivista verificacional del significado^[34]. Lo que interesa aquí es que estas «tergiversaciones» de Popper se hicieron en una época en que la filosofía de la ciencia estaba completamente dominada por el empirismo lógico, y eran tergiversaciones que tendían a ponerle más estrechamente en coincidencia con el espíritu del empirismo lógico. Durante los últimos quince años aproximadamente, ha surgido un nuevo planteamiento de la filosofía de la ciencia, muchos de estos «malentendidos» han sido corregidos, y se ha releído a Popper de un modo que lo aproxima bastante más al nuevo planteamiento. Por supuesto, la existencia de dos interpretaciones diferentes de su obra no se debe únicamente a que haya sido leída desde los puntos de vista de diferentes filosofías de la ciencia; la posibilidad de diversas lecturas procede de las ambigüedades de sus escritos. Pero, dadas estas ambigüedades, el clima intelectual prevaleciente ha jugado un papel dominante al determinar qué filosofía de la ciencia se asociaba con el nombre y los textos de Popper.

CONCLUSIÓN: HACIA UNA NUEVA COMPRENSIÓN

Nuestro interés principal en la parte primera ha sido formular las presuposiciones del empirismo lógico y mostrar cómo controlan estas presuposiciones la filosofía de la ciencia empirista y, en particular, cómo generan los problemas que el filósofo elabora y sus criterios de lo que constituyen soluciones aceptables. No hemos examinado todos los problemas del empirismo lógico, pero hemos tratado los temas centrales de discusión y hemos considerado la suficiente cantidad de problemas y literatura para demostrar nuestra tesis.

El cabal empuje de esta tesis puede apreciarse, mejor que de ningún otro modo, reflexionando sobre la relación entre la visión de la ciencia de los empiristas lógicos y su visión de la filosofía de la ciencia. Una de las pretensiones empiristas centrales acerca de la ciencia es que ésta descansa

sobre lo que Feigl llama «el “suelo” de la observación^[35]» y que no tiene presuposiciones. Puesto que los empiristas lógicos se consideran filósofos científicos, se concluye que conciben su propia filosofía como libre de presuposiciones. Lo mismo que, según su opinión, la ciencia parte de los sólidos datos de observación, sus propios análisis parten del sólido cuerpo de principios lógicos y empirismo científico. Hemos hallado razones adecuadas para dudar de que el empirismo lógico sea una filosofía libre de presuposiciones; encontraremos en la parte segunda razones igualmente poderosas para dudar de que la ciencia misma esté libre de presuposiciones, pero el orden de nuestro argumento en la parte segunda debe ser el inverso del de la parte primera. La filosofía de la ciencia empirista lógica es un programa de investigación filosófica que creció en el contexto de una epistemología ya bien desarrollada, pero el nuevo planteamiento de la filosofía de la ciencia hacia el que ahora nos volvemos tiene una historia diferente. Surgió en gran parte como respuesta a la creciente esterilidad del empirismo lógico, a su fracaso en la consecución de soluciones adecuadas para sus propios problemas y en la ulterior clarificación de la naturaleza de la ciencia, tanto como a partir de las muchas anomalías reveladas por el trabajo reciente sobre historia de la ciencia. No ha habido una formulación clara del armazón epistemológico del nuevo planteamiento, y es bastante dudoso que exista alguna epistemología a la cual se adhieran todos los defensores de este nuevo planteamiento. Ciertamente, parte de estos autores continúan considerándose empiristas^[36], mientras que algunos (no necesariamente los mismos) acusan a otros de ser idealistas, pretendiendo con esto hacerles una crítica devastadora^[37]. En consecuencia, en la parte segunda desarrollaremos primero extensamente la nueva imagen de la ciencia. Sólo después de haber hecho esto, intentaremos, en el capítulo final, formular la epistemología implícita en la nueva empresa.

PARTE SEGUNDA

LA NUEVA IMAGEN DE LA CIENCIA

CAPITULO VI

PERCEPCIÓN Y TEORÍA

PERCEPCIÓN SIGNIFICATIVA

Uno de los pilares del empirismo lógico es la tesis de que hay una distinción fundamental entre teorías científicas no interpretadas y el cuerpo de experiencia perceptual que confiere significado a nuestras teorías y determina cuáles de ellas han de ser aceptadas. El sistema de postulados que constituye una teoría «“flota” o “se cierne” libremente sobre el plano de los hechos empíricos»^[1], pero son los hechos empíricos, que son conocidos independientemente de cualquier teoría, los que garantizan la objetividad de la ciencia. Sin embargo, uno de los puntos de partida de la nueva filosofía de la ciencia es el ataque a la teoría empirista de la percepción. En respuesta a la opinión de que la percepción nos proporciona hechos puros, se arguye que el conocimiento, las creencias y las teorías que ya sustentamos juegan un papel fundamental en la determinación de lo que percibimos. Para percatarnos del alcance de este enfoque y aclarar algunos de los nuevos problemas que genera, convendrá que examinemos de nuevo el papel que juega la percepción en nuestro conocimiento. Limitaremos nuestra discusión casi por completo a casos de percepción visual, puesto que ésta es la más importante forma de percepción en la investigación científica.

Consideremos un ejemplo de percepción relativamente común tal como la de ver mi máquina de escribir. Ahora bien, para ver que este objeto es una máquina de escribir no basta con que yo simplemente la mire; es necesario que yo sepa ya qué es una máquina de escribir. El simple acto de mirar a los objetos con una vista normal estimulará, sin duda, mi retina, iniciará complejos procesos electroquímicos en mi cerebro y sistema nervioso, e incluso dará lugar a algún tipo de experiencia consciente, pero no me proporcionará ninguna información significativa acerca del mundo a mi

alrededor. Para deducir alguna información de la percepción, es necesario que yo sea capaz de identificar los objetos que encuentro, y para identificarlos es necesario que tenga ya disponible un cuerpo de información relevante. Tal como lo expresa Hanson, «el acto de ver no es tan sencillo como parece a primera vista»^[2]. Nos referiremos a los casos en que obtenemos información por medio de la percepción como «percepción significativa», y ésta es la única forma de percepción de la que nos ocuparemos.

La cuestión vale para todos los objetos con que nos encontramos corrientemente, así como para sus propiedades, aunque a menudo no acertamos a reconocer el papel que nuestro conocimiento y creencias juegan en el reconocimiento de objetos debido a la gran familiaridad de los objetos de nuestra experiencia cotidiana y a que mucha información necesaria para reconocerlos es aprendida a través del proceso, en gran parte irreflexivo, del desarrollo dentro de una cultura. Pero bastaría un poco de reflexión para mostrar cuán grande y sutil es el fondo de información que nos permite distinguir, sin notar que estamos haciendo nada especial, los camiones de reparto de los coches de bomberos y las toallas de papel de las servilletas.

La tesis vale incluso de forma más evidente en los casos de percepción científica. La capacidad para reconocer objetos tales como un tubo de rayos catódicos, un corpúsculo rojo o una condriila carbonosa requiere una gran cantidad de información altamente especializada, y en el proceso de obtención de ese conocimiento estamos también aprendiendo a ver los objetos. Consideremos el siguiente ejemplo clásico tomado de Duhem:

Entremos en este laboratorio: acerquémonos a esta mesa repleta de tantos aparatos: una batería eléctrica, alambre de cobre envuelto en seda, recipientes llenos de mercurio, bobinas, una pequeña barra de hierro portando un espejo. Un observador introduce el vástago metálico de una varilla, montada en caucho, en unos pequeños agujeros; la varilla de hierro oscila y, por medio del espejo sujeto a ella, envía un rayo de luz hasta una regla de celuloide. Aquí tenemos, sin duda, un experimento; mediante la vibración de esta mancha de luz, el físico observa minuciosamente las oscilaciones del pedazo de hierro. Preguntémosle ahora por lo que está haciendo. ¿Contestará acaso; «Estoy estudiando las oscilaciones del pedazo de hierro portando este espejo»? No, nos dirá que está midiendo la resistencia eléctrica de una bobina. Si mostramos nuestra sorpresa y le preguntamos por el significado de estas palabras y la relación que tienen con los fenómenos que ha percibido y que al mismo tiempo hemos percibido también nosotros, contestará que nuestra pregunta necesitaría largas explicaciones y nos recomendará hacer algún curso de electricidad^[3].

Para ver lo que se está haciendo en el laboratorio debo entender el cuerpo relevante de la teoría física; si no poseo este conocimiento no puedo ver que el científico está midiendo una resistencia eléctrica, ni tampoco ver una batería eléctrica, ni ver una regla, independientemente de la salud y agudeza de mi vista.

Esta conclusión les chocará sin duda a muchos lectores como algo extraña. Se sugerirá, seguramente, que el físico está midiendo la resistencia eléctrica y que eso es lo que veo cuando le miro tanto si lo reconozco como si no. Pero, mientras que hay un sentido en el que esta objeción es relevante, es más importante, por el momento, percatarse de que, independientemente de lo que el científico está haciendo «realmente», lo que aprendemos al observarlo no está determinado únicamente por lo que está haciendo, sino que depende también de lo que el observador conoce ya. Un observador que carezca del conocimiento relevante no obtendrá la misma información al observar el experimento que un físico con experiencia, y hay, por tanto, un aspecto importante en el que el lego y el físico ven cosas diferentes al observar el mismo experimento. Igualmente, un químico que se encuentre en las proximidades de una acería olerá dióxido de azufre y obtendrá una mayor información acerca de lo que le está ocurriendo a su cuerpo y a su medio ambiente que la que pueda obtener un niño que tan sólo olerá a huevos podridos. Ambos observadores huelen la misma cosa, según examinaremos más tarde con mayor detenimiento, pero lo que quiero destacar por el momento es la diferencia que hay entre las informaciones que obtienen los dos perceptores a partir de una única situación perceptual: esta diferencia es de importancia fundamental para comprender la naturaleza de la percepción significativa y, por tanto, para comprender la manera en que la percepción puede contribuir al conocimiento.

Si nuestro conocimiento y creencias juegan un papel central determinando aquello que percibimos, entonces las teorías científicas mantenidas por un científico deberían jugar el mismo tipo de papel determinando aquello que él observa en el curso de su investigación; tomando prestada otra frase de Hanson, la observación científica sería «teóricamente cargada». Pero, si es así, cabría la posibilidad de que dos científicos que mantienen diferentes teorías miren a un único objeto y perciban cosas diferentes. Examinemos uno de los ejemplos de Hanson.

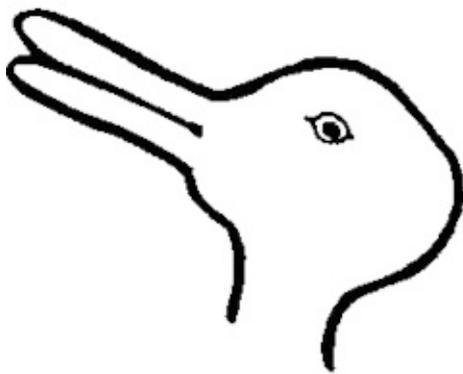
Consideremos dos microbiólogos. Ambos miran a una placa preparada. Al preguntarles por lo que ven, podrían dar diferentes respuestas. El primero ve en la célula que tiene ante sí un agrupamiento de materia extraña: es un artefacto, un coágulo resultado de técnicas inadecuadas de coloración [...]. El segundo biólogo identifica el grumo como un órgano celular, un «cuerpo de Golgi». En cuanto a la técnica, aduce él: «La manera estándar de detectar un órgano celular es por fijación y coloración. ¿Por qué seleccionar esta única técnica como productora de artefactos, mientras que otras revelan órganos genuinos?»^[4].

¿Sobre qué se muestran en desacuerdo los dos científicos? ¿Están en desacuerdo acerca de lo que ven, o solamente acerca de la descripción adecuada de algo que ambos ven? Si aceptamos la última alternativa, se sigue que la cosa no descrita que ven ambos científicos no juega ningún papel en el conocimiento científico ni en la resolución de los debates científicos. Es acerca del percepto descrito o teóricamente cargado de lo que están discutiendo los dos biólogos; incluso si estuviéramos dispuestos a admitir que hay algún dato puro y libre de teoría que ambos perciben, ninguna observación ulterior de este dato sería relevante para la resolución de su desacuerdo^[5]. Otro ejemplo ayudará a aclarar y desarrollar este punto.

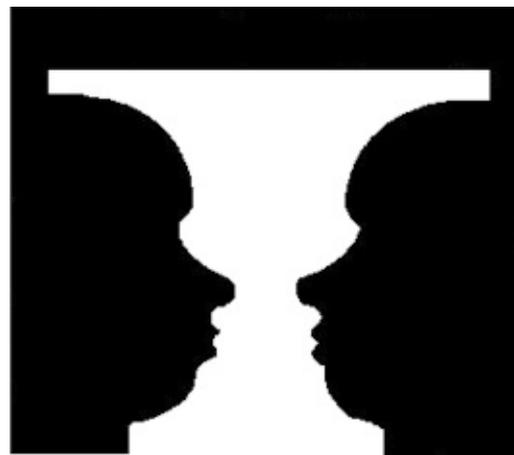
Consideremos a Kepler y a Tycho Brahe mirando al Sol^[6]. Kepler nos dice que el Sol es un cuerpo fijo alrededor del cual se mueve la Tierra; Brahe, que es un cuerpo que se mueve alrededor de la Tierra fija. Ahora bien, ¿es correcto decir que ambos ven cosas diferentes, Kepler un cuerpo en movimiento y Brahe un cuerpo fijo, o diremos más bien que ambos ven la misma cosa, el Sol, pero que lo describen de forma diferente o hacen afirmaciones diferentes sobre él? Un filósofo que acepte la última posición se enfrenta con la tarea de aclarar qué sea aquello que ambos ven. Decir simplemente que ambos ven el Sol nada nos dice puesto que Kepler y Brahe están en desacuerdo acerca de lo que es el Sol. Uno podría sentir la tentación aquí de replicar que, independientemente de lo que uno crea, el Sol está fijo y la Tierra se mueve alrededor del Sol, de forma que cuando decimos que ambos ven el Sol estamos diciendo que ambos ven un objeto fijo y que no sólo ven efectivamente la misma cosa, sino que Kepler la describe correctamente y Brahe la describe incorrectamente^[7]. Es importante recordar, sin embargo, que la confianza con que un contemporáneo puede aducir esto proviene de la ventaja que le da la perspectiva de nuestro conocimiento de que es Kepler quien ganó esta disputa. Pero ni Kepler ni Brahe disfrutaron de nuestra perspectiva sobre este problema, y, si tratamos de comprender la naturaleza de las discusiones científicas, y la forma en que se resuelven, debemos examinarlas desde el punto de vista de los contendientes. Cuando nos ocupamos de una discusión contemporánea no tenemos la ventaja de la perspectiva, como la tenemos en el caso de Kepler y Brahe, y, si el análisis de casos tomados de la historia de la ciencia ha de arrojar alguna luz sobre la naturaleza de las discusiones contemporáneas, hemos de acercarnos a las disputas históricas como si fueran contemporáneas y no permitir que ninguna información más reciente se entrometa en nuestro análisis^[8]. Entonces, en términos de la información de que disponían, cuando Kepler veía el Sol, veía

el centro fijo del Universo alrededor del cual giraba la Tierra. Brahe, por otra parte, veía un cuerpo celeste que se movía alrededor de la Tierra fija.

Otro tipo de ejemplo que ha sido discutido ampliamente y que nos ayudará a iluminar la tesis de que una sola cosa puede verse de formas diferentes es el cambio gestáltico, es decir, figuras tales como las del pato/conejo o las de caras/jarrón que pueden aparecer a un único observador en cualquiera de las dos (o más) formas. Estas figuras fueron usadas originalmente por los psicólogos de la Gestalt en su ataque contra la hipótesis de la constancia, es decir, la pretensión de que lo que vemos está enteramente determinado por la imagen retinal. Las figuras cambiantes proporcionan un caso claro de una situación en la que un observador ve dos objetos diferentes mientras que la huella del estímulo retinal sigue siendo la misma. Para nuestros actuales propósitos, la discusión de estas figuras tiene la ventaja de permitir que un único observador entre en contacto directo con un tipo de situación que, en nuestros anteriores ejemplos, tiene lugar sólo entre dos observadores diferentes. En el caso del pato/conejo, por ejemplo, veo lo que son claramente dos cosas diferentes, un dibujo de un pato y un dibujo de un conejo, mientras que soy consciente de que estoy mirando continuamente a la misma cosa. Al mismo tiempo, no hay ninguna base en absoluto para mantener que una de las descripciones disponibles, la del pato o la del conejo, sea *realmente* la correcta.



a) Pato/conejo.



b) Caras/jarrón.

FIGURA 2.

Se podría tener la tentación de responder que, aunque en efecto vemos alternativamente un pato y un conejo, éstas son diferentes formas de ver una

única figura y que dirigiendo adecuadamente nuestra atención podemos descubrir el objeto que realmente hay allí. Kuhn, por ejemplo, sucumbe a la tentación de presentar este tipo de análisis. Discutiendo el caso del pato/conejo escribe:

El sujeto de una demostración gestáltica sabe que su percepción ha cambiado porque puede hacer que su percepción cambie repetidamente de una figura a la otra mientras sostiene entre sus manos el mismo libro o pedazo de papel. Consciente de que nada ha cambiado a su alrededor, dirige su atención cada vez más no a la figura (pato o conejo), sino a las líneas del papel que está mirando. Finalmente, puede aprender incluso a ver esas líneas sin ver ninguna de las figuras, y puede decir entonces (cosa que, antes no podría haber dicho legítimamente) que son esas líneas lo que realmente ve, pero que las ve alternativamente *como* un pato y *como* un conejo^[9].

El argumento de Kuhn gira en torno a la distinción entre dos formas de ver: «ver» simplemente y «ver como». Cuando veo un objeto *como* algo, se trata de un caso de percepción significativa: el objeto es identificado y, por tanto, la percepción está teóricamente cargada o, quizá más exactamente en el caso presente, la percepción está conceptualmente cargada. La sugerencia de Kuhn parece ser, pues, que, si logramos eliminar la identificación, efectuamos entonces una transición de una percepción teóricamente cargada a una percepción no teóricamente cargada, de «ver como» a «ver», y logramos así observar el objeto en sí mismo. Pero, si ni el dibujo del pato ni el dibujo del conejo pueden ser lo que hay realmente allí porque son perceptos teóricamente cargados, entonces el propio argumento de Kuhn no nos da ninguna razón para tomar las líneas percibidas como menos teóricamente cargadas. Según él mismo señala, debemos aprender a ver las líneas, y los objetos que hemos aprendido a ver son casos paradigmáticos de perceptos teóricamente cargados. De manera semejante, dirigiendo apropiadamente nuestra atención, podemos también aprender a ver una zona del papel y esto nos proporcionaría una cuarta manera más de ver la figura, pero, ciertamente, no parece haber ninguna razón por la que debiéramos tomar «líneas» como una descripción mejor de lo que realmente vemos que «una zona».

Todavía cabe hacer aquí otra pregunta más: ¿por qué habríamos de empezar a buscar las líneas en primer lugar? El análisis de Kuhn podría ser interpretado como una sugerencia no de que descubrimos lo que está ahí mediante la eliminación de capas sucesivas de conceptos, sino de que conocemos primero a partir de alguna otra fuente que son las líneas lo que está realmente en el papel y sólo entonces tratamos de verlas. Visto de esta

manera, el ver libre de conceptos no es el criterio para lo que está realmente ahí, sino que, más bien, nuestro conocimiento independiente de lo que está realmente ahí nos dice qué buscar. Pero ¿cuál es la fuente de este conocimiento? Parece que debería apoyarse en alguna teoría que mantenemos o en alguna información que tenemos acerca del diagrama. Pero, entonces, nuestro ver las líneas es claramente un ver teóricamente cargado y podríamos llegar incluso a sugerir que, dadas las teorías relevantes, llegamos a ver las líneas *como* lo que está realmente ahí. Dado un conjunto diferente de teorías o un cuerpo diferente de información (por ejemplo, información acerca de quién dibujó el diagrama y cuáles fueron sus intenciones), podríamos entonces ver el conejo *como* lo que está realmente ahí. En cualquier caso, todas las formas en que podemos ver este objeto y lo relacionamos con lo que conocemos requieren que el objeto sea visto en términos de nuestro conocimiento y son, por tanto, casos de «ver como».

El uso de la locución «ver como» sirve para indicar que estamos tratando con la percepción de objetos identificados y, por tanto, con la percepción significativa. Los casos en que reconocemos no sólo objetos, sino también hechos acerca de objetos o situaciones, son a menudo denotados por el uso de expresiones del tipo «ver que». Un análisis de los casos de «ver que» llevará nuestro examen de la percepción significativa considerablemente más lejos^[10].

Consideremos una vez más el caso del físico midiendo la resistencia eléctrica. Si tenemos en cuenta la distinción entre «ver» y «ver que» tenemos las herramientas lingüísticas necesarias para decir que, si bien cualquiera que observe al experimentador «verá», sin duda, a un físico midiendo la resistencia eléctrica, sin embargo, sólo quien posea ya el conocimiento necesario de la física *verá que* está midiendo una resistencia. Para un observador ignorante de la física la observación nada añade a su conocimiento. De forma similar, yo puedo mirar mi reloj y *ver que* es mediodía, mientras que un niño que no ha aprendido todavía a decir la hora no puede *ver que* es mediodía en absoluto, aunque podría ciertamente ser capaz de *ver que* yo llevo puesto un reloj de pulsera, y un niño todavía más pequeño no reconocerá ni tan siquiera esto. Quizá los casos más reveladores de «ver que» son aquellos en los que notamos la ausencia de un objeto. Si alguien, por ejemplo, ha quitado la máquina de escribir de mi estudio, yo veré, nada más entrar en mi estudio, que falta la máquina de escribir, mientras que otra persona que nunca haya entrado en mi estudio no verá que falta la máquina de escribir por muy aguda y sana que sea su vista.

En todos los casos en que veo que algo acaece obtengo información como resultado de mi visión, pero la información que obtengo depende no sólo de los procesos visuales que tienen lugar en mis ojos, nervios y cerebro, sino también de la información que yo llevo conmigo. Y, asimismo, vale la conversa. Toda instancia en la que yo obtengo información como resultado de mi ver es una instancia en la que *veo que* algo es el caso, y cuanto más sepa ya acerca de la situación en cuestión, más podré aprender^[11]. Hay casos, como nota Hanson, en que no podemos disponer inmediatamente de nuestro conocimiento para referirnos a los objetos que vemos.

En microscopía se describen a menudo las sensaciones de forma opaca y fenoménica: «Con esta luz es verde; zonas oscurecidas marcan la extremidad ancha...». Así también puede decir el físico: «La aguja oscila y hay un débil rayo de luz cerca de la parábola de neón. Aparecen centelleos cerca de la periferia del catodoscopio...». Negar que éstos son casos genuinos de ver, incluso de observar, no sería justo, de la misma forma que tampoco lo sería la sugerencia de que son los *únicos* casos genuinos de ver^[12].

Pero, en tanto que estas observaciones permanecen en un nivel puramente fenoménico, no pasan a formar parte de nuestro conocimiento, y la propia posibilidad de que lleguen a ser relevantes para nuestro conocimiento depende de que estén ya relacionadas con algún cuerpo de información. Pues el observador sabe en estos casos que está mirando a través de un microscopio o usando un catodoscopio y conoce sus usos, y también dispone, sin duda, de gran cantidad de información adicional acerca de los objetos que está estudiando y los ensayos que está realizando. Es esta información la que le permite reconocer que ha tenido lugar un acontecimiento extraño, y es en términos de esta información como trata de identificar los rayos de luz y las zonas oscurecidas que observa para integrarlos finalmente en el campo de sus conocimientos.

Por otra parte, no debemos ir tan lejos que olvidemos que, a pesar de la importancia crucial del papel que juega nuestro conocimiento al determinar lo que observamos, la observación sólo tiene lugar en aquellos casos en que hacemos uso de nuestros sentidos físicos. Hanson, a veces, llega casi a olvidar esto. En cierta ocasión escribe:

Un ciego no puede ver cómo está diseñado un reloj o qué lo distingue de otros relojes. Con todo, puede ver que, si se trata de un reloj, encarnará ciertos principios dinámicos; y puede explicar la acción a su joven aprendiz. Por aguda que sea su vista, éste sólo puede describir las perturbaciones del reloj [...]^[13].

El sentido en que decimos que el ciego puede ver que el reloj funciona de una forma particular no es el sentido de «ver que» que nos interesa aquí. Nuestro interés se dirige al aprendiz de vista aguda que puede ver que el reloj funciona de una forma particular sólo después de haberle explicado los principios.

Llevemos ahora un paso más lejos nuestro análisis de los objetos de la percepción significativa. Nuestra discusión se ha centrado sobre dos tipos de situaciones: casos en que diferentes perceptores con diferente información aprenden cosas diferentes de la observación de un único objeto, y casos en que uno de los observadores carece por completo del conocimiento relevante y, por tanto, no aprende nada en absoluto de su observación. Podemos describir ambas situaciones diciendo que, en el primer caso, los objetos observados tienen un significado diferente para los diferentes observadores, y, en el segundo caso, los objetos en cuestión no tienen ningún significado en absoluto para el observador carente de información. Es, pues, el significado de la situación observada lo que pasa a formar parte de nuestro conocimiento, y los objetos de la percepción significativa son, por tanto, *significados*^[14]. Hanson está a punto de extraer esta conclusión, aunque no llega a dar el paso final:

Mirando hacia el Este, al amanecer, no hay más cosas que pueda ver un científico de las que pueda ver un lunático. Y, sin embargo, el científico ve incomparablemente más. Los objetos de nuestro ver, oír, tocar, gustar y oler adquieren significado para nosotros sólo cuando podemos poner en conexión lo que está directamente dado en la experiencia con lo que no lo está. Una mancha de luz blanca y brillante sobre un fondo azul oscuro posee una cualidad inefable, incommunicable y muy personal. Después de todo, la impresión en sí misma no es de un tipo muy diferente de lo que veo tras colisionar contra un balón de fútbol o contra el puño de alguien. Pero en circunstancias normales tal mancha de luz puede ser vista como una estrella, puede *significar* una estrella situada en cierta región de los cielos a muchos años-luz^[15].

Como la sugerencia de que percibimos significados chocará por su extrañeza a muchos lectores, será útil comparar las clases de observación que hemos considerado hasta aquí con el caso de la lectura de un texto, puesto que este último es un caso claro de percepción visual que implica significados a cierto nivel. Al leer un texto yo veo, pero el objeto de mi atención y la información que obtengo de mi lectura es el significado del texto. Este significado depende de varios factores. Para empezar, tenemos el texto en sí mismo: yo leo sólo en caso de que efectivamente vea el texto y de que el significado que encuentre allí tenga efectivamente algún fundamento en él. Pero la capacidad de leer el texto no es condición suficiente para su lectura. También debo ser capaz de leer la lengua en que está escrito y, a menudo,

debo tener algún conocimiento del tema que trata. Un adulto normal que no sepa nada de, por ejemplo, geología, no puede leer un texto avanzado de geología aunque reconozca casi todas las palabras; el texto no tendrá para él ningún significado. (Puede tener dificultades especiales con algunos de los términos técnicos, pero pensemos cuánta geología tendría que aprender para aprender los significados de estos términos. Un diccionario únicamente no bastaría.) Pero, incluso teniendo en cuenta los casos en que no se requiere ningún conocimiento de algún tema especial, el significado que yo encuentro en el texto todavía depende de mi conocimiento de la lengua y del contexto. El significado de «plomo» o «herida», por ejemplo, depende del contexto; el significado de «hombre» es diferente cuando está impreso en un texto español y en un texto francés, y todos estos signos carecen de significado en alemán. También, cualquier conjunto de letras es una palabra posiblemente significativa en alguna lengua y es capaz de portar alguna cantidad de significado en un código. En general, pues, leer un texto es enterarse de su significado. No puedo enterarme del significado de un texto si no dispongo de la información relevante, y un texto dado puede tener diferentes significados para lectores diferentes y ningún significado para algunos: una situación consistente con lo que hemos encontrado en otros casos de percepción visual.

Se replicará aquí, sin duda, que el paralelo con la lectura no apoya en absoluto la afirmación de que los objetos propios de la percepción son significados, pues, mientras que el objeto de nuestra atención cuando leemos es siempre un complejo de significados, no son, sin embargo, significados lo que *vemos*. Se podrían dar dos respuestas a esta objeción. La primera es recordar que nos estamos ocupando de la percepción como una fuente de información: sea lo que fuere aquello que «realmente vemos» cuando estamos leyendo, es sólo el significado de lo que vemos lo que puede pasar a formar parte de nuestro conocimiento, de la misma forma que cuando observo objetos familiares o fenómenos de laboratorio, es sólo el significado de estos objetos lo que es relevante para lo que conocemos. Si hay datos desnudos, carentes de significado, el mismo hecho de que sean carentes de significado los hace no-significativos e irrelevantes para el conocimiento.

Pero disponemos de una respuesta mucho más convincente. Podemos tomar la afirmación de que no vemos significados cuando leemos y tratar de aclarar justamente qué es lo que efectivamente vemos. Está claro que respuestas tales como que vemos palabras o letras o incluso marcas de tinta sobre un papel no serán satisfactorias, puesto que para reconocer cualquiera de estos objetos debo *ver que* tengo una palabra o una letra o una marca de

tinta enfrente de mí, debo reconocer el objeto y, por consiguiente, estoy de nuevo reconociendo un significado. Nuestro oponente podría refugiarse en la distinción entre «ver» y «ver que» y mantener que, tanto si reconozco como si no que los objetos delante de mí son, digamos, marcas de tinta, con todo son efectivamente marcas de tinta y, por tanto, lo que yo veo son marcas de tinta. Pero esto sugiere la pregunta adicional de cómo se ha de descubrir que éstas son en efecto marcas de tinta, pues esta línea de argumentación requiere que yo sepa qué hay realmente en el papel antes de que pueda determinar qué es lo que veo. Ahora bien, hay muchas formas de descubrir esto: mediante análisis químico, preguntando al editor en caso de que se trate de un texto impreso o al autor en caso de que se trate de un manuscrito, o incluso mirando simplemente al texto y observando que está impreso con tinta (suponiendo, desde luego, que estoy suficientemente familiarizado con textos impresos como para hacer esta observación). Pero sea cual fuere el método que yo adopte, está claro que la observación de datos visuales sin reconocer y carentes de significado no se encuentra entre ellos.

De hecho, podemos percatarnos de la debilidad de la tesis de los datos llevando a su conclusión lógica la retirada desde la observación de significados hasta la observación de observables puros. Para establecer una distinción entre el significado que reconocemos y el observable puro que decimos que vemos, el observable puro debe ser él mismo un objeto no reconocido; no puede ser ni tan siquiera un objeto que sea reconocido como algo extraño. Pero, entonces, los que desean establecer esta distinción deben explicar cómo la observación de un objeto no reconocido, tanto en una página impresa como en nuestra vida diaria o en el laboratorio del científico, puede servir de base para reconocer un significado. Yo no creo que se pueda hacer esto y considero que en todos los casos de percepción significativa nos estamos ocupando sólo de significados y vemos sólo significados.

Hasta ahora hemos argumentado que los significados son los objetos de la percepción significativa. Tratemos ahora de mostrar que los datos de los sentidos, suponiendo que existan tales cosas y que seamos conscientes de ellas, no pueden ser los objetos primarios de nuestro conocimiento. Para el empirista, los datos constituyen el estrato rocoso del fondo de nuestro conocimiento. Pero, si esto es así, entonces todos los datos de los sentidos deben ser igualmente importantes y deben jugar el mismo papel en el conocimiento, no habiendo ningún nivel de conocimiento más fundamental al que podamos apelar para extraer o seleccionar nuestros datos. Evidentemente no es éste el caso. En mi experiencia y actividades cotidianas yo selecciono

continuamente como significativas tan sólo un pequeño número de las sensaciones que aparecen en mi campo visual, mi campo auditivo, etcétera, y únicamente presto atención a estas sensaciones. Mientras conduzco mi coche, por ejemplo, presto atención a los otros coches, a las señales de tráfico, a los peatones e indicadores que son relevantes para la conducción, mientras que ignoro los árboles que se alinean a lo largo de la carretera, las irregularidades mínimas en la superficie de ésta, y las motas de polvo del parabrisas y de los cristales de mis gafas. De la misma forma, puedo oír el silbato de un policía, el claxon de los coches en un cruce de carreteras, el sonido de una colisión y, quizá, la voz del locutor de mi aparato de radio, mientras que ignoro los miles de otros sonidos de una calle ajetreada. En todos estos casos, incluyendo aquellos en los que los objetos ignorados son reconocidos o reconocibles, mi conocimiento de la actividad en que estoy comprometido es epistémicamente más fundamental que los datos que observo en el sentido de que las exigencias de esta actividad determinan a qué datos presto atención y qué datos son ignorados como carentes de significado.

Esto se mantiene aún más decisivamente en el caso de la observación científica. El científico no registra todo lo que observa, sino más bien sólo aquellas cosas que las teorías que acepta indican que son significativas. Un físico que examine fotografías en la cámara de niebla, por ejemplo, ignorará cierto número de rayas como marcas espurias debidas a la suciedad o a rasguños en la fotografía. Igualmente, el físico no incluye la forma de la mesa del laboratorio, o el color de las paredes, o el número de colillas de cigarrillo en el suelo, o sus sueños de la noche anterior entre sus datos observacionales (aunque su psicoanalista estará mucho más interesado en esto último que en las observaciones de la cámara oscura). Finalmente, notemos que en el importante caso en que un científico identifica un fenómeno como anómalo o problemático está observando su significado claramente en términos de la teoría que él mantiene, pues, si no tuviera ninguna creencia acerca de lo que debería ocurrir en la situación en cuestión, ningún acontecimiento podría ser percibido como problemático^[16]. En todos estos casos es el cuerpo de teoría disponible el que proporciona el criterio para determinar cuáles de los datos observados han de jugar un papel importante en el conocimiento, pero nuestras teorías no podrían posiblemente jugar este papel si nuestros datos constituyeran el nivel fundamental de conocimiento sobre el que se construyen todas las teorías. Volviendo al diagrama que usó Feigl para mostrar la relación entre los postulados de una teoría y la experiencia^[17], y admitiendo por el momento que este diagrama muestre con exactitud cómo se

relacionan teoría y experiencia entre sí, estaría más cerca de la verdad decir que el diagrama ilustra la forma en que nuestras teorías confieren significado a la experiencia, que adoptar la posición inversa que trata de ilustrar Feigl.

TRES PROBLEMAS

He propuesto una concepción de la naturaleza de la percepción significativa fundamentalmente diferente del enfoque empirista y, desde este punto de vista, los problemas de la percepción que precisan una investigación ulterior asumirían un aspecto muy diferente. A fin de ilustrar esto, consideremos tres problemas. Uno, el problema del psicologismo, es un problema para las teorías del conocimiento empiristas; más que ofrecer una nueva solución, sostendré que el problema se disuelve mediante el análisis de la percepción desarrollado aquí. Los otros dos problemas que consideraré, el de cómo dos objetos percibidos diferentes pueden, sin embargo, ser reconocidos como el mismo objeto y el del relativismo, son problemas para nuestra teoría de la percepción, y propondré una solución para cada uno de ellos.

La formulación más clara del problema del psicologismo quizá sea la de Popper^[18]. El empirismo exige que las teorías sean contrastadas deduciendo a partir de la teoría consecuencias que puedan ser comparadas con los resultados de la observación. Teniendo, por una parte, un cuerpo de teoría elaborado y, por otra, una observación relevante, podríamos usar la observación, bien para deducir la falsedad de la teoría, o bien (según algunos empiristas) para inducir cierto grado de confirmación para ella. Pero una teoría elaborada es un cuerpo de proposiciones y una observación es un acontecimiento psicológico; podemos deducir (o inducir) proposiciones a partir de otras proposiciones, pero no podemos deducir ni inducir proposiciones a partir de acontecimientos psicológicos, ni acontecimientos psicológicos a partir de proposiciones. ¿Cómo, entonces, van a jugar de hecho las observaciones un papel en el conocimiento científico? Debido a su interés por evitar el psicologismo, Popper mantiene que la experiencia puede motivar una decisión de aceptar o rechazar un enunciado singular, pero nunca puede probar o refutar ningún enunciado singular y, tanto, que todos los enunciados singulares son aceptados o rechazados por convención^[19]. (Los empiristas lógicos tienden, en general, a ser menos ingenuos que Popper y a considerar como base empírica del conocimiento cierta forma de enunciado observacional, sin encarar nunca francamente el problema de la relación entre

los enunciados observacionales y la experiencia). Todo el problema deriva, evidentemente, de las presuposiciones que dicen que la experiencia relevante para el conocimiento científico está formada por impresiones humanas y que éstas son entidades de un género fundamentalmente diferente de las proposiciones, de suerte que no pueden darse relaciones lógicas entre la experiencia y el conocimiento preposicional (de hecho, para Hume, las impresiones no pueden entablar relaciones *lógicas* en absoluto). Pero, una vez reconocido que los objetos que nos afectan cuando percibimos y los objetos que nos afectan cuando entendemos una teoría son, en ambos casos, significados y que son, por tanto, del mismo tipo lógico, la presunta brecha existente entre teoría y observación desaparece y el problema del psicologismo se disuelve.

Nos volvemos ahora hacia un problema generado por la afirmación de que la percepción está cargada teóricamente. Central en este análisis es la tesis de que un solo perceptor puede, en diferentes ocasiones, ver un objeto dado de diferentes formas y dos observadores diferentes pueden ver simultáneamente el mismo objeto de forma diferente. Para que estas situaciones cobren cierta importancia filosófica, resulta crucial que los observadores reconozcan que están observando un solo objeto de formas diferentes. Si yo veo un pato y el lector ve un conejo, sin duda vemos cosas diferentes, pero si estamos mirando diferentes dibujos no se plantea problema alguno. Ahora bien, aunque esté bastante claro que cuando veo un conejo veo algo diferente de cuando veo un pato, resulta considerablemente menos claro cómo es posible, además, que yo vea lo mismo en ambos casos. Tenemos que habérmolas con esta cuestión si es que nuestro análisis de la percepción ha de ser completo.

Aquí parece particularmente apropiado un enfoque del dato sensible, pues el teórico del dato puede mantener que son las asociaciones o interpretaciones agregadas a mi observación del dato las que dan cuenta de las diferencias en la forma de verlo, mientras que el dato sensible sigue siendo el mismo tanto si veo un pato como si veo un conejo. En el caso de dos observadores diferentes, el teórico del dato puede mantener que los observadores ven datos sensibles cualitativamente similares mientras que, una vez más, difieren las asociaciones o interpretaciones agregadas. Por otra parte, ya hemos visto que la teoría del dato es completamente incapaz de explicar las formas en que la observación ingresa en el conocimiento, así que su capacidad para resolver este otro problema es de impacto relativamente débil, especialmente si la igualdad del percepto puede explicarse también sobre la base de nuestro análisis de la observación. Tratemos de hacer esto.

Este fenómeno es considerablemente menos misterioso de lo que se ha creído a menudo. La pista para un análisis adecuado nos la proporciona el pasaje de Kuhn antes criticado^[20]. En la primera oración escribe Kuhn que el sujeto ve cambiar la figura «mientras sostiene en las manos el mismo libro o pedazo de papel». Entre muchos de quienes escriben sobre la percepción existe una desafortunada tendencia a centrarse en un objeto cada vez y a olvidar que este objeto forma parte siempre de una situación mucho más compleja que está siendo percibida. Yo no veo sólo, flotando libremente, la imagen de un pato o un conejo; antes bien, veo la imagen sobre una página de un libro, mientras me hallo sentado en mi pupitre. Y, cuando estoy atento a la imagen cambiando de un pato a un conejo, me doy cuenta también de que la página, el libro, el pupitre y la habitación no se han modificado. Es mi percepción de la situación entera y la información sobre situaciones de este género la que explica mi conciencia de la igualdad y mi desconcierto respecto a por qué cambia la imagen. Si yo tuviera que pasar la página para cambiar del pato al conejo, o si yo viera el mismo cambio mirando una película, no esperarí la clase de estabilidad que espero de un diagrama en una página, y no experimentaría desconcierto alguno en absoluto. Por decirlo de otra manera, cuando se tiene en cuenta la situación perceptual total, incluyendo todo lo que sé sobre tales situaciones, la igualdad del objeto antes y después del cambio forma parte del significado percibido.

El mismo análisis puede aplicarse al caso de los dos científicos. El biólogo mira por su microscopio y pide a su colega que mire por el mismo microscopio. Si las diferencias entre lo que uno y otro perciben son desconcertantes es porque ambos reconocen que miran por el mismo microscopio. Si la perplejidad es lo bastante inquietante, pueden incluso revisar todo para asegurarse de que sigue estando el mismo portaobjetos en el microscopio, que la iluminación no ha variado, etc., pero, una vez realizadas estas comprobaciones, los científicos tienen base suficiente para creer que están mirando la misma cosa. Así pues, es la situación total y no algún elemento que pueda ser aislado de la situación dirigiendo nuestra atención de manera apropiada lo que explica la conciencia de la igualdad, y es el reconocimiento de las variaciones en lo que ya se ha reconocido como un objeto único lo que conduce a las situaciones de igualdad/diferencia.

Nos volvemos ahora al problema del relativismo. Lo que garantiza la objetividad de la ciencia para el empirista es el recurso a los datos observados libres de teoría. A menudo se arguye que, si la observación científica está cargada teóricamente, se destruye dicha objetividad, pues, si las teorías que ya

mantenemos juegan un papel central a la hora de determinar lo que percibimos, entonces es imposible recurrir a la observación para contrastar la aceptabilidad de las teorías científicas. Para que las teorías científicas sean contrastables empíricamente —dice el conocido argumento— los preceptos mediante los cuales se contrastan las teorías tienen que ser independientes de ellas. Una teoría que crea sus propios datos nunca puede ser refutada por dichos datos.

Podemos comenzar nuestra réplica haciendo notar que no he mantenido en ninguna parte que las teorías creen sus propios datos, ni que solamente nuestras teorías determinen lo que percibimos. Antes bien, los objetos de la percepción son resultado de las aportaciones *tanto* de nuestras teorías *cuanto* de la acción del mundo exterior sobre nuestros órganos sensoriales. Debido a esta doble fuente de nuestros perceptos, los objetos pueden verse de muchas maneras diferentes, pero no se sigue que un objeto dado pueda verse de cualquier manera en absoluto. Considérese una vez más el pato/conejo. Ya hemos visto que esta figura puede verse como un pato, un conejo, un conjunto de líneas o un área, y se podría imaginar plausiblemente que fuera vista como una pieza de un aparato de laboratorio, un símbolo religioso o algún otro animal por un observador con la experiencia apropiada. Pero por mucho que lo intente, no puedo ver esta figura como mi mujer, el monumento a Washington o una piara de cerdos. A diferencia de la posición kantiana o, mejor, de una interpretación de la posición kantiana^[21], no mantengo que las teorías impongan una estructura sobre un material *neutro*. La dicotomía entre la concepción de la percepción como observación pasiva de objetos que son todo lo que parecen y la percepción como creación de objetos perceptuales de la nada en modo alguno es exhaustiva. Una tercera posibilidad es la de que damos forma a nuestros perceptos a partir de un material ya estructurado pero aún maleable. Este material perceptual, sea lo que fuere, servirá para limitar la clase de constructos posibles, sin imponer un único percepto.

El paralelismo con la lectura resulta asimismo iluminador. Se ha propuesto una variedad de interpretaciones, por ejemplo, de la *Crítica de la razón pura*, pero no importa en qué medida difieran los estudiosos acerca de lo que es la lectura correcta del texto, nadie puede abrir la *Crítica* y leer la *Ética a Nicómaco* o *Moby Dick*. Evidentemente, este enfoque es compatible con el tipo de variación limitada que observamos en el caso del pato/conejo, que ni la teoría del dato ni la tesis de que los perceptos se construyen a partir de un material neutro parecen ser capaces de manejar^[22]. En efecto, puesto que una teoría del dato plenamente consistente requiere, como hemos visto,

que el dato mismo no sea reconocido, parece haber una diferencia de poca monta entre la teoría del dato y la tesis de que la mente construye los perceptos a partir de un material neutro. Además, nuestro enfoque es consistente con la forma en que aparecen los datos recalcitrantes que conducen al arrumbamiento de las teorías científicas. Pues, mientras que nuestro enfoque reconoce la observación del empirista en el sentido de que una teoría no puede ser contrastada mediante la observación si las propias observaciones están completamente determinadas por la teoría, dicho enfoque evita la perplejidad del empirista cuando trata de explicar cómo un dato carente de significado puede ser relevante para la confirmación o desconfirmación de una teoría científica.

Hay una segunda réplica a la afirmación de que si la observación está cargada teóricamente no hay una razón adecuada para aceptar una teoría en vez de otra, pues esta conclusión no se sigue en absoluto a partir del análisis de la percepción desarrollado en este capítulo. Considérese otra vez nuestro ejemplo anterior de dos personas que pasan por una fábrica de acero, un niño que sólo percibe un olor a huevos podridos y un químico preparado que huele dióxido de azufre. Aunque el significado de este olor sea diferente para cada uno de nuestros perceptores y dependa en cada caso de lo que sepa el perceptor, no se sigue que los dos perceptos estén a la par. Está claro que el químico, que sabe bastante más sobre gases que el niño, aprende más de resultados de su observación; su observación tiene mayor valor epistémico que la del niño, no porque haya observado un dato puro, sino precisamente porque hay más conocimiento implicado en su percepción que en la del niño.

De igual manera, por tomar prestado un ejemplo de Kuhn^[23], en el siglo XVIII, Lavoisier observó las propiedades del oxígeno, en tanto que Priestley, que todavía sostenía la teoría del flogisto, observó aire desflogistizado; el desarrollo de la química nos ha dado buenas razones para adoptar la concepción de Lavoisier. La tesis de que la carga teórica de la percepción comporta el relativismo sólo es plausible si se acepta la presuposición anterior de que solamente la observación de datos libres de teoría puede proporcionarnos una razón para aceptar una teoría en vez de otra. Si no aceptamos esta presuposición, entonces la pregunta retórica «¿Por qué elegir una teoría en vez de otra?» se convierte en una pregunta genuina de la que tiene que ocuparse un análisis alternativo del cambio teórico. Esta será una de las tareas de los capítulos siguientes, pero antes de poder enfocar esta cuestión tenemos que reconsiderar primero el papel que las teorías juegan en la investigación científica en su conjunto^[24].

CAPÍTULO VII

PRESUPOSICIONES

CIENCIA NORMAL

En 1687 Isaac Newton publicó en los *Principia* lo que muchos consideran la primera teoría científica moderna comprensiva. Consta esencialmente de cuatro proposiciones: las tres leyes del movimiento y el principio del inverso del cuadrado de la gravitación universal. A partir de estas cuatro proposiciones dedujo Newton, entre otros fenómenos, las leyes del movimiento planetario, las leyes de la caída de los cuerpos y del movimiento de los proyectiles y las variaciones de las mareas. Lo que es más importante, Newton fijó el fundamento de una forma de pensamiento acerca de la realidad física que iba a dominar la investigación científica durante más de dos siglos. El examen de algunos de los episodios centrales de la historia de la mecánica newtoniana servirá como base para discutir el papel que juegan las teorías en la investigación científica.

Avanzada ya su vida, Newton reivindicó para el período 1665-1667 el descubrimiento de la ley del inverso del cuadrado, y la utilizó entonces para calcular la fuerza de gravedad necesaria para mantener a la Luna en su órbita; afirmó que el valor calculado y el derivado de la observación eran «poco más o menos parecidos^[1]». Pero Newton no publicó entonces sus resultados, por razones que todavía hoy siguen discutiendo los historiadores. Una explicación especialmente grata para los empiristas afirma que Newton no publicó sus resultados porque no era suficientemente ajustada la concordancia entre observación y teoría. Reichenbach escribe:

El propio Newton vio claramente que la verdad de su ley dependía de su confirmación por medio de la verificación de sus consecuencias. Inventó un nuevo método matemático, el cálculo diferencial, con vistas a derivar dichas consecuencias, pero no le satisfizo el esplendor de su logro deductivo. Quería una evidencia observacional cuantitativa y contrastó las consecuencias por medio de observaciones de la Luna, cuya rotación mensual constituye un ejemplo de su ley de gravitación. Para desencanto suyo se encontró con que los resultados observacionales diferían de los calculados. Antes que establecer una teoría, bonita, por supuesto, independientemente de los hechos, Newton

guardó el manuscrito de la obra en el cajón. Unos veinte años más tarde, tras nuevas medidas de la circunferencia de la Tierra realizadas por una expedición francesa. Newton vio que las cifras sobre las cuales había basado su comprobación eran falsas y que las cifras mejoradas coincidían con sus cálculos teóricos. Fue únicamente después de la contrastación cuando publicó su ley^[2].

Si bien la explicación anterior de la remisión de Newton en publicar es plausible, los historiadores han propuesto otras dos: la primera señala que, aunque Newton había descubierto el acuerdo entre teoría y observación como suficientemente preciso, se vio enfrentado a una dificultad teórica. En sus cálculos había supuesto que la Tierra y la Luna podían ser tratadas, respectivamente, como si sus masas enteras estuvieran concentradas en un único punto, pero no había demostrado todavía que dicho supuesto estuviera justificado^[3]. La otra interpretación es que los recuerdos que tenía Newton de su juventud eran imprecisos y que no había desarrollado aún la ley del inverso de los cuadrados de la gravitación universal^[4].

Sea cual fuere la explicación correcta, el enfoque de Reichenbach, típico de la concepción empirista de la ciencia, debería ser evaluada a la luz del hecho de que aun después de que Newton publicara los *Principia* existieron importantes discrepancias entre sus teorías y los resultados de la observación y la experimentación. Por ejemplo, era consciente de que el valor calculado del movimiento de la órbita de la Luna era sólo la mitad del valor observado. Habiendo calculado el movimiento de los ápsides de la Luna, se limitó simplemente a decir que: «El ápside de la luna es aproximadamente el doble de rápido»^[5], y continuó su exposición. Obviamente Newton no consideró esta discrepancia entre teoría y observación suficiente para impedir la publicación, sino más bien como un problema que habría de ser investigado. Por fin, alrededor de 1750, más de sesenta años después de la publicación de los *Principia*, el problema, fue resuelto cuando Clairaut mostró que la dificultad no era imputable a la mecánica de Newton, sino al modo en que había sido aplicada la matemática a la situación física^[6]. Asimismo, podemos mencionar otro ejemplo: el valor que daba Newton para la velocidad del sonido era diferente en un veinte por ciento, y esta discrepancia entre teoría y observación permaneció sin resolver durante más de un siglo^[7]. Ambos problemas fueron finalmente solucionados y, con ello, la fe de los físicos en el sistema newtoniano quedó justificada. Pero conforme a la concepción tradicional del método científico, la actuación de los físicos no había estado de acuerdo con su fe. El movimiento del ápside de la Luna, por ejemplo, proporcionaba un claro contraejemplo de los ápsides para la teoría, de suerte que, si los empiristas tuvieran razón, la teoría debería haber sido rechazada.

En cambio, con lo que nos encontramos es con que, una vez aceptada la mecánica de Newton, dificultades tales como el movimiento de la Luna o la velocidad del sonido se convirtieron en problemas de investigación en lugar de contraejemplos.

Hemos indicado que uno de los triunfos de la mecánica newtoniana era el cálculo acertado de las órbitas de los planetas, pues esto no es del todo correcto. A principios del siglo XIX los astrónomos admitieron que ninguna de las órbitas que habían sido calculadas sobre la base de la mecánica newtoniana para Urano se ajustaba a las posiciones observadas del planeta. ¿Era esto un contraejemplo de la teoría newtoniana? Si por contraejemplo entendemos una observación que lleva al inmediato rechazo de toda o parte de una teoría aceptada previamente, entonces dicha observación no era más contraejemplo que el movimiento observado de la órbita de la Luna; en lugar de eso se convertía en un problema de investigación para los astrónomos. Dentro del marco de supuestos de la mecánica newtoniana hay un factor claramente aceptable que podría influir en la órbita de un planeta: la existencia de otro planeta, todavía desconocido, que ejerciera una fuerza gravitacional. Trabajando independientemente, dos astrónomos, Leverrier y Adams, supusieron que dicho planeta existía y usaron la discrepancia entre teoría y observación como base para calcular la masa y la órbita del planeta. El planeta Neptuno fue finalmente descubierto y la mecánica newtoniana había conseguido con ello uno de sus más rotundos éxitos^[8]. Sin embargo, era también sabido que había una discrepancia entre teoría y observación en el caso de la órbita de Mercurio, y Leverrier usó el mismo método para explicarla suponiendo otro nuevo planeta, Vulcano. Desgraciadamente, no existe tal planeta y la órbita de Mercurio nunca llegó a ser explicada dentro del marco de la mecánica newtoniana^[9]. Sólo con el advenimiento de la teoría general de la relatividad se hizo posible un cálculo preciso de la órbita de Mercurio, y únicamente después de que la nueva teoría reemplazara a la mecánica celeste newtoniana llegó a considerarse dicho fracaso de la teoría de Newton como un contraejemplo.

Los ejemplos arriba citados proponen una imagen muy diferente de la estructura de la investigación científica a la de los planteamientos empiristas tradicionales. En vez de partir de los datos observados y usarlos para confirmar o rechazar las leyes propuestas o las teorías, los científicos como Leverrier y Clairaut parecen haber partido de una teoría científica aceptada que guió su investigación y determinó de qué manera debían ser tratados los fenómenos observados. En la medida en que trabajaban dentro de los límites

de la teoría, ciertos descubrimientos observacionales que, lógicamente hablando, podían haber sido considerados contraejemplos se convirtieron, en lugar de ello, en problemas de investigación que debían ser resueltos por la aplicación apropiada o el desarrollo ulterior de la teoría. El tipo de investigación científica que ilustran tales ejemplos ha sido denominado «ciencia normal» por Kuhn con el fin de distinguirla de la ciencia «revolucionaria^[10]», investigación científica que intenta reemplazar una teoría fundamental aceptada por otra. Kuhn describe la ciencia normal como una investigación hecha de acuerdo con un «paradigma», pero lo que entiende exactamente por un paradigma ha sido sometido a un amplio debate, con una crítica benévola, que afirma haber llegado a distinguir veintiún sentidos de paradigma en el libro de Kuhn^[11]. No nos es necesario entrar aquí en esta discusión, pues es claro que una parte principal de los paradigmas kuhnianos está constituida por las teorías fundamentales presupuestas por la investigación científica. Lo que ahora nos interesa es ese papel de las teorías en la investigación científica, y usaremos el término «ciencia normal» para referirnos a la investigación hecha de acuerdo con una teoría aceptada^[12]. Algunos ejemplos más nos ayudarán a clarificar el papel de las teorías aceptadas en la investigación científica.

En el mundo antiguo los astrónomos creían que la Tierra se estaba quieta y que el Sol giraba a su alrededor, tanto en el curso del día como en una traslación a lo largo del año. Sin embargo, en el siglo III a. C., Aristarco razonó que el movimiento del Sol era meramente aparente y que, en realidad, la Tierra rotaba diariamente y se trasladaba alrededor del Sol a lo largo del año. Centrémonos en la traslación anual de la Tierra. Si la propuesta de Aristarco es correcta, entonces en el curso de medio año la Tierra se traslada hacia el extremo opuesto del diámetro de su órbita, y esta es una gran distancia. Debería haber un cambio observable en la posición aparente de las estrellas. Los contemporáneos de Aristarco sometieron su propuesta a esta contrastación observacional, no encontraron paralaje y la rechazaron^[13]. La sugerencia de Aristarco de que las estrellas están mucho más lejos de lo que previamente se había supuesto, demasiado lejos para que el paralaje fuera observado, no fue tomada en serio y, dado el estado del conocimiento de entonces, con toda la razón. La propuesta original de Aristarco, a pesar de ser *prima facie* implausible para sus contemporáneos, fue tratada científicamente de la mejor forma: sometida a la contrastación observacional disponible, y rechazada; la siguiente sugerencia debió parecerles a sus contemporáneos una maniobra *ad hoc* producto de la desesperación.

Consideremos ahora la situación en, digamos, el siglo XVIII cuando la hipótesis del movimiento de la Tierra había sido ampliamente aceptada por los astrónomos junto con la suposición de un tamaño mucho mayor del universo. Tampoco había sido observado en este caso el paralaje necesario, pero, puesto que el movimiento de la Tierra era la base de una nueva tradición astronómica, el no haber logrado observar el paralaje no fue considerado como un contraejemplo, sino más bien como un problema que había de ser resuelto. Así pues, uno de los problemas centrales de la investigación de la época era la tentativa de construir un telescopio que permitiera la observación del paralaje estelar, un proyecto que fue llevado a cabo finalmente por Bessel en 1838^[14], casi tres siglos después de la publicación del *De Revolutionibus* de Copérnico. Ciertamente, en los siglos XVI y XVII que no se lograra observar el paralaje estelar fue una de las objeciones típicas contra la versión copernicana de la teoría del movimiento de la Tierra, aunque Galileo, que la había aceptado, ya consideraba el paralaje como un problema de investigación más que como un contraejemplo.

Se podría decir que ahora hay una variación, pero que no se busca; o que debido a su pequeñez o por la carencia de instrumentos precisos no era conocida por Copérnico [...]. Por tanto, sería conveniente investigar con la mayor precisión posible si se puede observar realmente tal variación, que debe ser percibida en las estrellas fijas suponiendo un movimiento anual de la Tierra^[15].

Merece la pena meditar sobre lo que podría haber ocurrido si los astrónomos antiguos hubieran podido observar el paralaje entrañado por la propuesta de Aristarco. No está claro en absoluto que ello hubiera llevado al inmediato rechazo de la astronomía geocéntrica, ni que la renuncia a rechazarla hubiera sido acientífica. El paralaje observado podría haberse convertido en un problema de investigación igual que no lograr observarlo, así como las perturbaciones de las órbitas de Urano y Mercurio se convirtieron en problemas de investigación para el astrónomo moderno.

Volvamos a la astronomía antigua en busca de ejemplo. Uno de sus principios centrales, al menos tan importante y trascendental como el principio geostático, era el de que todos los movimientos de los cuerpos celestes son circulares. Debido a la existencia de este principio, el problema principal de la astronomía antigua era el problema de los planetas. La órbita de los planetas, como la de los demás cuerpos celestes, parece ser un movimiento anual alrededor de la Tierra, pero en el caso de los planetas este movimiento aparente es manifiestamente no-circular. Más aún, los planetas parecen moverse del Oeste al Este en un arco de circunferencia, se paran y

vuelven un tramo en dirección inversa (movimiento retrógrado), de nuevo se vuelven a parar y reanudan su movimiento hacia delante; el resultado final viene a ser una especie de trayectoria en bucle. Se diría que este movimiento presentaba un contraejemplo claro al principio de los movimientos circulares, pero no lo hizo. En lugar de ello se convirtió en un problema que había de ser resuelto, problema que ocupó una gran parte de la historia de la astronomía^[16]. De hecho, sólo cuando el movimiento de los planetas llegó a ser comprendido como problema, se convirtió la astronomía en ciencia. Durante siglos los pastores y otros hombres habían observado el cielo nocturno y advertido el movimiento retrógrado de los planetas, pero, al no tener creencias previas sobre cómo deberían moverse los cuerpos celestes, no lo consideraron como algo especialmente enigmático o problemático. Sólo después de que Platón sostuviera que todos los movimientos celestes son en realidad circulares, se convirtieron los movimientos de los planetas en algo problemático y comenzó la investigación científica sobre el problema. El principio de que todos los movimientos celestes son circulares creó una tradición científica normal al crear un problema de investigación, y proporcionó además el criterio para determinar una solución adecuada a este problema: los movimientos de los planetas sólo se habrían explicado una vez que se hubiera mostrado que eran resultado de otros movimientos que eran asimismo circulares. Desde Platón hasta Kepler, el principio de que todos los movimientos celestes son circulares controló la investigación astronómica, y todos los movimientos que se desviaban de dicho principio no eran considerados como contraejemplos, sino antes bien como problemas a resolver descomponiéndolos en movimientos circulares.

Consideremos un último ejemplo extraído de la física del siglo XX. A principios de siglo se descubrió que el fenómeno de la radiación beta era inconsistente con los principios aceptados de la conservación de la energía y el momento^[17]. De nuevo, lógicamente hablando, el descubrimiento podría haberse considerado como un contraejemplo, y podría entonces haberse rechazado alguno de los principios de conservación. Pero los principios de conservación son fundamentales en la estructura de la física moderna y su rechazo habría exigido una reformulación completa de la física. Esto no quiere decir que tengamos alguna forma de conocimiento *a priori* de la verdad de dichos principios o que nunca puedan ser reconsiderados. Pero sí significa que dichos principios no funcionan como simples proposiciones empíricas que puedan ser rechazadas a la primera aparición de un contraejemplo. Más bien son proposiciones protegidas, y cualquier fenómeno

que podría ser considerado lógicamente como contraejemplo se interpreta como un contraejemplo aparente, como un problema para el que hay que buscar una explicación. En este caso, la explicación originalmente propuesta por Pauli y desarrollada por Fermi consistió en postular la existencia de una nueva partícula: el neutrino, que simplemente tenía tanta energía y tanto momento como fuera necesario para preservar los principios de conservación. Pasaron otros veinte años antes de que se obtuviera una evidencia independiente de la existencia del neutrino^[18].

Todos estos casos ilustran la naturaleza de la ciencia normal, en la cual una teoría fundamental aceptada sirve para organizar y estructurar la investigación científica. La teoría determina el significado de los sucesos observados proporcionando al científico razones para comprender qué observaciones son relevantes para su investigación, cuáles de las observaciones relevantes plantean problemas, cómo deben ser abordados los problemas y qué vale como solución adecuada a un problema. Ahora bien, uno de los mitos tradicionales acerca de la naturaleza de la ciencia es el de que la ciencia se distingue de otras actividades intelectuales, en particular de la filosofía, por su método. El método científico, se nos dice, consiste en suspender todas nuestras preconcepciones y comenzar la investigación con una búsqueda de hechos completamente imparcial. Galileo, según se dice, es el fundador de la ciencia moderna porque, al contrario de los aristotélicos que se dirigían a los textos de Aristóteles para encontrar las respuestas a todas las preguntas, llevó a cabo experimentos y se atuvo a sus sentidos. Pero dejando aparte la incorrección histórica de la descripción de la relación de Galileo con sus oponentes ^[19], hemos de considerar en su elemento cómo sería la investigación empírica netamente libre de presuposiciones.

Quizá la única tentativa seria de llevar a cabo realmente la investigación científica de este modo se encuentre en las historias naturales de Francis Bacon. Habiendo combatido lo que él llamó los «ídolos»^[20] que impiden la adquisición de conocimiento, es decir, los prejuicios y preconcepciones que nos impiden el descubrimiento de los hechos, Bacon construyó una serie de historias naturales, compilaciones de todos los ejemplos en los que aparece un fenómeno dado, a fin de proporcionar una base fáctica para el descubrimiento de las leyes de la naturaleza. Su historia natural del calor, por ejemplo, incluye, entre sus muchos ejemplos, cosas tales como el calor del sol, el calor del excremento animal reciente y el calor de las hierbas que son cálidas para la lengua y no para la mano^[21]. Lo que tenemos aquí no es una base imparcial para el conocimiento, sino un conglomerado que sería inútil hasta que fuera

organizado y se tomaran decisiones acerca de cuáles son, de hecho, ejemplos del mismo fenómeno y cuáles son valiosos para la investigación posterior. Pero tales decisiones deben tomarse de acuerdo con un principio que nos guíe, y en ausencia del cual no tenemos medio de saber qué datos debemos recoger ni qué hacer con ellos una vez recogidos. El punto puede aclararse considerando qué pasaría si hiciéramos una lista de todos los hechos relativos a la propia habitación, sin supuestos previos, tocantes a cuáles merece la pena recoger. Si se intentara tal investigación, anotando cualquier mota de polvo sobre las paredes y cualquier aspereza en el suelo y haciendo las medidas necesarias para situar cada rasgo respecto a cualquier otro, nunca se conseguiría salir de la habitación pues, ciertamente, nunca se terminaría de medir cada nuevo aspecto de un metro cuadrado del suelo^[22].

Para llevar a cabo una investigación significativa necesitamos un problema de investigación y algunos criterios de qué evidencia es relevante para su solución. Mas fundamentalmente necesitamos cierta base para decidir a qué problemas de investigación merece la pena dedicarse. Son las teorías que hemos aceptado, los sistemas de presuposiciones con que estamos ya comprometidos, los que proporcionan esta base. Y, porque siempre investigamos dentro de un sistema de presuposiciones, tanto nuestros problemas como nuestros datos están todos plenamente cargados teóricamente. En consecuencia, los investigadores corren siempre el riesgo de preocuparse de problemas enteramente agotados e ignorar datos importantes, pero dicho riesgo debe ser asumido para que sea posible la prosecución del conocimiento. Por otro lado, sólo aquellos investigadores que están completamente inmersos en los patrones de pensamiento de una tradición científica se hallan expuestos a felices «accidentes» tales como el descubrimiento de los rayos X o de la penicilina, ya que sus presuposiciones proporcionan un conjunto de expectativas sobre un área de la experiencia y, así, les permite reconocer algunos hechos como especialmente significantes. Hay dos teorías sobre las presuposiciones en la historia de la filosofía que son particularmente dignas de examen para ayudar a clarificar los problemas suscitados por la exposición anterior: son las de Kant y Collingwood.

PROPOSICIONES PARADIGMÁTICAS

Según Kant^[23], el conocimiento sólo es posible en la medida en que tenemos experiencia, pero debemos distinguir entre *experiencia* y *sensaciones*. Esta distinción, sin embargo, requiere otra previa entre *forma* y

contenido. Así como en la lógica distinguimos entre la forma de una proposición y su contenido, siendo los dos necesarios para constituir la proposición, así para Kant la experiencia se encuentra constituida de una combinación de forma y contenido, proporcionando la sensación el contenido de la experiencia mientras que la propia mente da la forma. Hay dos modos en que la mente proporciona la forma: por medio de las formas de la sensibilidad y por medio de los conceptos del entendimiento. Hay dos formas de la sensibilidad: espacio y tiempo, y, para Kant, el hecho de que los objetos de los cuales tenemos experiencia se encuentren en el espacio y el tiempo es un hecho de la estructura de la mente humana y no un hecho sobre la estructura independiente de la mente de la realidad. Y, precisamente porque el espacio y el tiempo son aportados a la experiencia por la mente, nos es posible conocer independientemente de cualquier experiencia particular que todos los objetos en el mundo de los que tenemos experiencia por medio de los sentidos estarán situados en el espacio y el tiempo^[24]. Lo que no podemos saber a priori es precisamente lo que encontraremos en el espacio y el tiempo cuando miremos. Ese es el contenido de nuestra experiencia, es independiente de la mente, y su conocimiento sólo puede venir de la experiencia existente.

Junto con las formas de la sensibilidad, otra facultad de la mente, el entendimiento, también juega su papel proporcionando la forma de nuestra experiencia. El entendimiento tiene un reducido número de conceptos a los cuales Kant llama «categorías» en función de los cuales se organizan y estructuran las sensaciones en el proceso de creación de la experiencia. El concepto de causalidad servirá de ejemplo. Puesto que el de causalidad es un concepto aportado a la experiencia por la mente y, por tanto, es parte de la forma de la experiencia, sabemos a priori que cada evento tiene una causa, pero no podemos saber a priori cuál es la causa particular de un evento dado; esto forma parte del contenido de la experiencia y ha de ser descubierto por la investigación empírica^[25].

Cada uno de los diferentes aspectos de la forma de la experiencia (espacio, tiempo, causalidad y las restantes categorías) nos proporciona conocimiento sintético a priori, proposiciones de las que sabemos que son verdaderas a priori, pero son verdaderas, no obstante, respecto al mundo de la experiencia; y son dichas proposiciones sintéticas a priori las que nacen de las presuposiciones que nos interesan aquí. Por ejemplo, el papel del espacio como forma de la sensibilidad nos enseña, según Kant, que el espacio se ajusta a la geometría euclidiana. Asimismo, la categoría de causalidad da lugar a la proposición «todo efecto tiene una causa», proposición que

consideraremos más adelante a fin de ilustrar el papel de las presuposiciones en la investigación científica.

Ya se ha indicado que, para Kant, la causalidad es constitutiva de experiencia. La experiencia no tendría la estructura que tiene si no estuviera organizada de acuerdo con el principio de causalidad, en tanto que las conexiones causales son, no obstante, parte real del mundo experimentado a pesar de ser aportadas a la experiencia por la mente. Además de ser constitutiva de la experiencia, la causalidad es también para Kant constitutiva de la investigación científica^[26], es decir, sirve como una presuposición con la que organiza y estructura la investigación. Lo hace exactamente de igual modo, aunque quizá a un nivel más básico, que las presuposiciones que ya hemos considerado, como el principio del movimiento circular en la astronomía antigua y los principios de conservación en la física moderna: determinando cuáles son los auténticos problemas científicos y proporcionando los criterios sobre qué ha de valer como solución a dichos problemas. Así pues, para Kant la tarea del científico consiste en averiguar las causas de los eventos, y un problema científico solamente está resuelto cuando se ha dado con una causa para el evento (o clase de evento) en cuestión. El principio sintético a priori de que cada efecto tiene una causa garantiza que la búsqueda de causas debe tener siempre éxito y, así, que ningún evento puede considerarse un contraejemplo al principio de causalidad sin que importe el tiempo que hayan fracasado los científicos en encontrar la causa específica. Si los científicos son incapaces de averiguar la causa de un evento, la culpa es siempre de los científicos y no del principio de causalidad.

Hemos visto que para Kant las presuposiciones de la ciencia son proposiciones a priori, son verdades eternas y necesarias, es decir, no hay proceso alguno que pueda cambiarlas. Para Collingwood, como para Kant, todo conocimiento exige presuposiciones, pero éstas cambian a lo largo de la historia humana. La tesis básica de Collingwood^[27] consiste en que cada proposición con significado es la respuesta a alguna pregunta y que sólo podemos comprender el significado de una proposición si sabemos a qué pregunta pretende responder. Pero, a su vez, toda pregunta tiene alguna proposición como presuposición, es decir, algo que conozco o presupongo. No puedo hacer preguntas con significado sobre fenómenos de los cuales lo ignoro todo. Preguntar, por ejemplo, qué partícula acaba de pasar a través de la cámara de niebla presupone que una partícula acaba de pasar a través de la cámara de niebla; preguntar por la causa de un evento dado presupone que el evento tiene una causa. Puesto que las preguntas tienen presuposiciones que

las generan, es siempre posible adoptar de estas dos actitudes hacia una pregunta: podemos contestarla o podemos rechazar la presuposición y, con eso, rechazar la pregunta. Por ejemplo, los físicos que buscan las causas de los microeventos están aceptando la presuposición kantiana de que cada evento tiene una causa, mientras que aquellos que rechazan dicha presuposición respecto a la microfísica rechazan preguntas del tipo de «¿qué hizo que este átomo se desintegrara en este momento?» como carentes de significado físico. (Señalaremos que es, por tanto, posible no comprender una pregunta por atribuirla a una presuposición equivocada. Si alguien preguntara «¿por qué compra un coche nuevo?», una respuesta del tipo «porque necesito un medio de transporte» sería aceptable en muchas circunstancias, pero sería inapropiada si el interesado fuera un freudiano).

Da la impresión de que Collingwood hubiera creado un regreso infinito de preguntas y respuestas; intenta romperlo haciendo una distinción entre «presuposiciones relativas» y «presuposiciones absolutas». Las presuposiciones que hemos considerado hasta aquí, aquellas que son proposiciones y, así, ellas mismas respuestas a preguntas, son todas proposiciones relativas. Pero en la raíz, por así decir, de cada secuencia de preguntas y respuestas hay una presuposición absoluta que no es respuesta a ninguna pregunta, que no es, por consiguiente, una proposición y, por tanto, no es verdadera ni falsa. Mejor, una presuposición absoluta es algo así como un principio metodológico que ha de ser juzgado por lo que Collingwood llama su «eficacia lógica»^[28], es decir, su fecundidad de generar cadenas de preguntas y respuestas. Por tanto, las presuposiciones absolutas son la base de toda actividad intelectual; pero, a diferencia de Kant, para Collingwood las presuposiciones absolutas son fijadas según las características de una época dada y cambian en el curso de la historia aunque no analiza cómo tiene lugar el cambio salvo diciendo que las presuposiciones absolutas desarrollan «tensiones»^[29] que las llevan al colapso. En *La idea de naturaleza*, Collingwood mantiene que cada época en la historia de la ciencia ha estado caracterizada por alguna concepción fundamental de lo que es la naturaleza. Si tomamos éstas como ejemplos de lo que Collingwood entiende por presuposiciones absolutas, sostiene que ha habido tres presuposiciones absolutas en la historia de la ciencia física: la concepción griega de la naturaleza penetrada por la mente, la primera concepción moderna de la naturaleza sin mente que obra de acuerdo con leyes estrictas, y lo que él llama la concepción «histórica» de la ciencia contemporánea^[30].

Hay mucho de oscuro e incierto en la exposición que hace Collingwood de las presuposiciones. Su tesis de que las presuposiciones absolutas no sean verdaderas ni falsas y que los que las proponen no las consideren verdaderas ni falsas es de lo más dudosa; y los ejemplos que da hacia la mitad de su *Ensayo de metafísica* lo que hacen es más bien debilitar su posición que apoyarla. No está claro si cada disciplina tiene sus propias presuposiciones absolutas o si son características de todo el pensamiento de una época, ni siquiera si la respuesta a dicha pregunta puede ser igual respecto a diferentes épocas en la historia del pensamiento. No obstante, no me interesa entrar aquí en una extensa discusión de la teoría de Collingwood. Lo que sí me interesa es su noción de presuposiciones cambiantes, porque, combinada con la noción de Kant de presuposiciones constitutivas tanto de la investigación como de la experiencia, nos servirá como base para un más adecuado análisis de la naturaleza de las presuposiciones científicas y de su papel en la investigación.

Quizá el rasgo más llamativo de las proposiciones que expresan presuposiciones es el de que no encajan en la dicotomía entre proposiciones empíricas y analíticas. No son proposiciones analíticas pues no son formalmente tautologías y no hay sentido alguno en el que el predicado constituya una característica definiente del sujeto. Si, por ejemplo, el principio de que cada evento tiene una causa fuera analítico, entonces, si pudiera mostrarse algo que no tuviese una causa, sencillamente no sería un evento. Pero un científico, al trabajar buscando la causa de algún fenómeno, no tiene la opción de decidir que no está tratando con un evento y, así, eliminar el problema cuando averigua que no puede descubrir la causa. A no ser que esté dispuesto a poner en tela de juicio el mismo principio causal, ha de suponer que la investigación ulterior logrará revelar la causa. De igual manera, un físico que trabaje dentro del contexto de la dinámica newtoniana tiene que dar cuenta de los movimientos de un cuerpo material descubriendo las fuerzas que actúan sobre él y las condiciones iniciales. Ahora bien, no es raro que un filósofo escoja una de las leyes de Newton y razone que es analítica. La primera ley, según se sostiene a menudo, define «movimiento inercial» o, quizá, «velocidad uniforme», y la segunda ley define «masa» o, tal vez, «fuerza». Pero es con la teoría newtoniana *como un todo* con lo que trabaja el científico y, si éste «define» algo, son «objetos materiales» puesto que todos los objetos materiales caen dentro de su campo. Considérese a un físico que da con un caso de movimiento no inercial y que no puede descubrir las fuerzas que según la teoría newtoniana deben estar actuando. ¿Qué alternativas tiene? Es evidente, al menos, que no es libre de evadir el

problema declarando al objeto en cuestión no material, como podría hacer si se ocupara de una definición. En la medida en que trabaja dentro del marco de la mecánica newtoniana debe suponer que la investigación ulterior desvelará las fuerzas responsables de las desviaciones del objeto del movimiento recto y uniforme.

Consideremos el *status* lógico de las presuposiciones científicas desde otra dirección. Cuando un científico tiene dificultad en encontrar fenómenos que sus presuposiciones le dicen que se deben presentar, a menudo llevará a cabo una investigación empírica para buscar dichos fenómenos. Esto sugiere dos argumentos más contra la tesis de que las presuposiciones pueden ser expresadas en proposiciones analíticas. En primer lugar, una de las características centrales de una proposición analítica es que no es lógicamente posible ningún contraejemplo. Pero, como acabamos de ver, son lógicamente posibles los contraejemplos a la dinámica newtoniana por ejemplo, y sabemos qué cosas valdrían como tales contraejemplos: un cuerpo que se moviera en línea recta euclidiana cuando ninguna fuerza actuara sobre él, por ejemplo. Por el contrario, en el caso de una proposición analítica como «todos los solteros son no casados», no podemos especificar qué valdría como posible contraejemplo. Y en segundo lugar, se necesita a menudo un proyecto de investigación (por ejemplo, el cálculo de Leverrier y Adams de la órbita y masa de Neptuno y la subsiguiente búsqueda de dicho planeta) para eliminar un escándalo científico y mostrar que la presuposición aceptada está justificada. Recordemos que no nos ocupamos aquí de proposiciones sintéticas a priori. Aunque las presuposiciones son proposiciones protegidas que no son abandonadas a la ligera al primer signo de contraejemplo, las presuposiciones cambian de hecho y el fracaso persistente de las tentativas de explicar una anomalía puede llevar a un cambio, como en el caso de la órbita de Mercurio y la mecánica newtoniana. Por consiguiente es a menudo necesario realizar investigación empírica a fin de mantener una presuposición, pero dicha investigación no es nunca necesaria para la defensa de una proposición analítica.

Por otra parte, dichas proposiciones no son proposiciones empíricas ordinarias precisamente porque son inmunes contra cualquier refutación empírica directa. Tomaremos prestado un término de Kuhn y nos referiremos a las proposiciones que expresan presuposiciones y que no son analíticas ni empíricas en el sentido habitual, ni verdades eternas, como *proposiciones paradigmáticas*^[31]. Constituyen una clase epistémicamente distinta, por cuanto no encajan en la división tradicional de toda proposición en a priori y

empírica. Más bien son proposiciones aceptadas como consecuencia de la experiencia científica, pero que llegan a tener un papel esencial en la estructura del pensamiento científico. En diversas épocas, proposiciones tales como que todos los movimientos celestes son circulares, que el espacio físico es euclídeo, que cada evento tiene una causa, o todo el abanico de los modernos principios de conservación, han alcanzado este *status*. A muchas de ellas se ha considerado verdades necesarias, eternas, a priori, pero algunas han sido abandonadas a pesar de todo, y ello deja claro por ahora que cada proposición científica está sujeta a una posible revisión. Esta es la lección crucial de la decisión einsteniana de abandonar la geometría euclidiana en favor de la riemanniana. Antes de Einstein nunca se había comprendido que pudiéramos responder a la refutación de una teoría dejando intactos los postulados físicos y cambiando la matemática. Desde el punto de vista de la sola lógica, un contraejemplo únicamente nos dice que algo anda mal en la estructura aceptada, no nos dice nada sobre dónde reside el problema.

Consideraciones como las anteriores llevaron hace tiempo a Duhem^[32] y más recientemente a Quine^[33] a mantener que no podemos nunca contrastar una proposición científica aislada, sino únicamente todo el cuerpo de la ciencia. Esta conclusión, sin embargo, no cuadra con lo que pasa en la práctica científica, en la cual las proposiciones individuales son contrastadas continuamente. Esto es posible porque, aunque no haya proposiciones a priori en ciencia, no todas las proposiciones son tratadas como hipótesis empíricas contrastables. Sólo porque un amplio cuerpo de conocimiento se considera paradigmático podemos aislar proposiciones individuales para los fines de la contrastación, y las conclusiones que deducimos de una contrastación particular dependen de qué proposiciones se consideren paradigmáticas. Un ejemplo lo ilustrará.

A mediados del siglo XIX parecía definitivamente establecido que la luz consistía en ondas y no en partículas. Ciertamente, los experimentos de Fizeau y Foucault parecen ejemplos clásicos del uso de experimentos cruciales para someter a comprobación proposiciones singulares. Según la teoría ondulatoria de la luz, la velocidad de la luz debía ser más lenta en un medio denso que en uno menos denso.

Según la versión newtoniana de la teoría corpuscular debía ocurrir lo contrario. Durante unos cincuenta años la demostración de que la luz tenía una velocidad mayor en un medio menos denso se consideró la refutación definitiva de la teoría corpuscular. No obstante, Einstein introdujo una nueva versión de la teoría corpuscular en 1905 con el fin de dar cuenta del efecto

fotoeléctrico. Los experimentos de Fizeau y Foucault quedaron intactos; seguían proporcionando una refutación de algo en la teoría corpuscular de la luz, sólo que no refutaron la proposición que los experimentadores pensaban que habían refutado. En lugar de ello fue necesario modificar otras hipótesis que formaban parte de la versión del siglo XIX de la teoría corpuscular, hipótesis que los experimentadores nunca pensaron en como proposiciones sometidas a examen.

La anterior discusión nos proporciona una imagen muy diferente de la tradicional acerca de la naturaleza de la investigación científica que contempla al investigador individual como alguien que empuña el «método científico» y añade su obra al cuerpo acumulativo de conocimiento. Hemos visto que la investigación sólo es posible una vez que el científico se ha comprometido con alguna teoría, pero hemos visto también que los compromisos de todo científico o de toda tradición de investigación pueden ser abandonados con el tiempo. La anomalía que el científico normal trata de explicar puede convertirse en un auténtico contraejemplo, y el fenómeno aceptado como contraejemplo a una teoría particular puede tener una explicación completamente aceptable dentro de dicha teoría. Pero esto no es sino decir que la búsqueda de la verdad encierra el riesgo del error y que nunca hay garantías de que hayamos hecho el compromiso acertado. Muy bien puede resultar que el compromiso original de una persona o incluso de una tradición o cultura sea frágil y que, cualquiera que fuese la estructura que hubiéramos edificado a partir de él, colapsara, pero ése es uno de los riesgos que se aceptan al perseguir el conocimiento. Buscar la verdad es abrirse a la posibilidad del error y el único camino para evitar dicha posibilidad es no dejar de investigar desde el primer momento^[34].

EL MUNDO DEL CIENTÍFICO

Nuestra discusión de las presuposiciones científicas se ha concentrado sobre su papel en la estructuración de la investigación científica; se ha dicho poco sobre cómo estructuran el mundo de la experiencia del científico. La mejor manera de enfocar este asunto es en el contexto de otra cuestión. Un científico que investiga dentro del marco de una teoría aceptada debe aprender su mecánica, y esto significa más que el aprendizaje de un conjunto de proposiciones paradigmáticas; el científico adiestrado conoce una buena cantidad más que puede enunciar como un conjunto de proposiciones. La

mayor parte de su conocimiento adicional consiste en saber cómo aplicar la teoría a problemas concretos. Para esto no basta con aprender un conjunto de reglas de aplicación además de las proposiciones que integran la teoría. Aprender una teoría física como la mecánica de Newton o la electrodinámica de Maxwell y aprender a aplicarla a problemas específicos es aprender una y la misma cosa. El estudiante parece estar atrapado en un círculo: por una parte no puede aplicar la teoría a la solución de problemas físicos hasta que comprenda la teoría; pero, por otra parte, no puede comprender la teoría hasta que haya aprendido a aplicarla a la solución de problemas físicos. Pero el círculo es sólo aparente, generado al presuponer una teoría de la mente que limita radicalmente las capacidades del pensamiento humano, una teoría que sostiene que la actividad intelectual debe estar de acuerdo con reglas previamente aprendidas. Un ejemplo corriente ayudará a elucidar el tipo de proceso que tiene lugar en el aprendizaje de una teoría científica.

Consideremos un niño aprendiendo aritmética. Al principio, el niño debe memorizar un conjunto de reglas: «dos más tres son cinco», «tres más cinco son ocho», etc. En los primeros estadios del aprendizaje el niño será capaz de sumar cualquier par de números de dos dígitos, y quizá cualquier par de números de tres o cuatro dígitos; pero, si se le pidiera que sumara un par de números de, por ejemplo, seis dígitos, contestaría que no ha aprendido todavía a hacer esa clase de problemas. En cierto momento del proceso de aprendizaje, sin embargo, el niño alcanza un estadio en el cual puede sumar un par de números de cualquier longitud aun cuando no se haya encontrado con números de dicha longitud en clase (y, por supuesto; lo mismo vale para columnas de números de cualquier longitud). Sólo en este estadio podemos decir que el niño ha aprendido a sumar. ¿Qué ocurre cuando el niño adquiere la capacidad de resolver cualquier problema de sumas? La tentación inmediata es decir que ha aprendido una regla; pero, si ello fuera así, ¿por qué no acortar el proceso diciéndole simplemente al niño la regla al comienzo y evitando de este modo el tedioso proceso de sumar primero números de un dígito, después de dos, y así sucesivamente? La respuesta es que el niño no comprenderá la regla y será incapaz de usarla. Esta «regla» es, de hecho, un ejemplo de lo que Polanyi llama una «máxima»: «reglas cuya correcta aplicación forma parte del arte que ellas dirigen»^[35]. La regla debe ser descubierta por el propio estudiante por sí mismo, y descubrir la regla y aprender a sumar son uno y el mismo proceso.

Supongamos que se ha formulado la regla general. La capacidad del estudiante para enunciar la regla no es ni necesaria ni suficiente para sumar.

El que sabe sumar sabe bastante más que el que sólo puede enunciar la regla, y su exceso de conocimiento no puede ser transmitido añadiendo un conjunto de reglas suplementarias. La información sólo puede ser transmitida al que aprende llevándole a través de la resolución de una serie de problemas, lo cual le lleva a descubrir las técnicas necesarias por sí mismo. Y, a medida que el niño aprende a manejar los números, sucede otro fenómeno: su significado cambia y ve los símbolos impresos en una página con ojos nuevos. A medida que el niño progresa, aprendiendo a distinguir números de letras, pares de impares, números primos de factoriales, el aprendizaje de varias operaciones y aun la teoría de los números, se enriquece constantemente el significado de los números, y lo que él ve cuando los mira en una página se transforma continuamente.

Esta es esencialmente la situación en que se encuentra el estudiante de física. Las leyes de Newton, por ejemplo, pueden enunciarse brevemente, pero memorizarlas no es aprender la física newtoniana. En efecto, las leyes no tienen auténtico significado para el que no ha aprendido a aplicarlas en la resolución de problemas de dinámica. El estudiante que bajo la guía de un profesor practica la solución de problemas aprende gran número de cosas: el significado de la dinámica newtoniana, un sistema de conceptos y un lenguaje, un modo de pensamiento y de hablar sobre el mundo y una nueva manera de ver la realidad física. Aprender a tratar con objetos tan comunes como coches o aviones en términos de cuerpos libres, diagramas y fuerzas de D'Alembert es aprender a verlos en un modo muy diferente al de nuestro interés diario por el transporte; el mundo percibido (o, mejor, la porción relevante del mundo percibido) adquiere un significado nuevo para el físico. Por último, el estudiante se inicia en una tradición normal: aprende cómo se hace un estilo particular de ciencia, cómo se resuelven problemas físicos y qué problemas quedan sin resolver.

La exposición puede ser recapitulada con la noción de «mundo del científico^[36]»: el sistema de significado que él percibe y en función del cual practica su investigación. En cuanto tal, el mundo científico está constituido por la unión de la información perceptual que recibe del mundo externo y las teorías con las que se ha comprometido. El físico, al intentar comprender la naturaleza de la realidad, actúa así creando de teorías, y el mundo que experimenta es resultado de la interacción de dichas teorías y de la realidad que existe independientemente de nuestro conocimiento. Idealmente el científico querría examinar simplemente la estructura del mundo independiente, pero, como hemos visto en nuestra exposición de la naturaleza

de la percepción y del papel que juegan las presuposiciones en la investigación, no tiene acceso directo a él. Sólo puede acceder a él a través de la creación de teorías y en un proceso de investigación dirigida por teorías.

Sólo es posible la investigación una vez que el investigador ha aprendido a ver la realidad en función de la teoría aceptada, pero es también posible para el investigador descubrir anomalías y reconsiderar así las teorías aceptadas. Aquí operan dos factores: primero, a menudo las teorías proporcionan una descripción definida de lo que el científico debería ver y así agudizan su vista para el descubrimiento de anomalías. Segundo, en tanto que el científico está efectuando una investigación empírica no es la teoría sola la que determina lo que realmente ocurre, sino la teoría en conjunción con un mundo independiente de ella. Siempre que la estructura de la teoría y la estructura del mundo físico no logren engranarse, aparecerán anomalías y, aunque muchos sucesos anómalos pueden con el tiempo ser interpretados en función de la teoría aceptada, son las anomalías recalcitrantes las que llevan finalmente al derrocamiento de una teoría y a su sustitución por otra, es decir, a las revoluciones científicas.

CAPÍTULO VIII

REVOLUCIONES CIENTÍFICAS

Los acontecimientos más interesantes en la historia de la ciencia son las revoluciones: episodios, que a veces duran décadas y que ocasionan la reestructuración de los modos de pensamiento de una o más disciplinas y, en algunos casos, de las relaciones entre disciplinas. En el nivel más profundo tienen lugar dos clases de cambios: tanto las presuposiciones de una ciencia como los conceptos usados en ella se transforman y, como resultado de estas transformaciones, el mundo, o estructura significativa, dentro del cual trabaja el científico, así como sus problemas de investigación, también se modifican. El principal propósito de este capítulo será el desarrollo y la elaboración de estas tesis. Procederemos por medio de un análisis detallado de dos revoluciones en física: la iniciada por Copérnico y culminada por Newton, y la más reciente ocasionada por el desarrollo de Einstein de la teoría de la relatividad.

LA REVOLUCIÓN COPERNICANA

La revolución iniciada en física por el desarrollo que Copérnico hizo de la astronomía heliostática es una de las revoluciones más ricas y acabadas de la historia del pensamiento humano. Limitando nuestra atención a cuestiones científicas, el intento de Copérnico de habérselas con un problema astronómico tuvo el efecto de minar los fundamentos de la física aceptada de modo que la nueva astronomía requirió la construcción de una nueva física.

Para los medievales el Universo físico estaba centrado en la Tierra y dividido en dos partes, la esfera terrestre, formada por la Tierra y todo lo sublunar, y la esfera celeste, que contenía la Luna, el Sol, los planetas y las estrellas. Cada parte estaba hecha de un tipo distinto de material y tenía su propio conjunto de leyes físicas. De este modo, había distintos sistemas de física, la física terrestre y la física celeste.

La esfera terrestre estaba formada de cuatro elementos: fuego, aire, agua y tierra. Cada uno de los objetos físicos que normalmente nos encontramos se consideraba como una mezcla particular de estos elementos. Cada elemento tenía su lugar natural, en el cual tendía a permanecer y al cual volvía si le era permitido moverse sin restricción: la tierra hacia abajo, hacia el centro del Universo; el fuego hacia arriba, lejos del centro del Universo hacia la esfera de la Luna; y el aire y el agua en posiciones intermedias, estando el primero generalmente más alto que la segunda. El centro del Universo no se define como el centro de la Tierra; los dos coinciden porque el centro del Universo es el lugar natural hacia el cual la Tierra tiende a moverse, aunque es posible en principio, para una fuerza lo suficientemente grande, quitar la Tierra del centro del Universo^[1].

El concepto de movimiento hacia un lugar natural conduce directamente a una distinción entre movimiento natural y movimiento violento. Cualquier movimiento que se oponga a un movimiento natural de un objeto, como alzar un elemento terrestre, es violento, y requiere una fuerza externa. En cuanto cesa la fuerza externa, el movimiento natural actúa y el objeto vuelve a su lugar natural. El movimiento natural, pues, es siempre de duración finita. Este análisis del movimiento podía proporcionar una explicación de varios fenómenos «observados». Podía explicar por qué caen los cuerpos pesados y las llamas se alzan, por qué los océanos descansan sobre la tierra y el aire se mantiene sobre los océanos, y por qué la Tierra está en el centro del Universo.

Sin embargo, también quedaba cierto número de fenómenos inexplicados y, por tanto, cierto número de problemas de investigación. El más importante de ellos era el problema del movimiento de un proyectil, en el cual trabajaron los dinamicistas desde los tiempos de Aristóteles hasta que fue finalmente eliminado por la nueva física; eliminado, y no, como veremos, resuelto en el sentido en que, digamos, Leverrier y Adams resolvieron el problema de las perturbaciones de la órbita de Urano. El problema es esencialmente éste: considérese un proyectil tal como una flecha disparada desde un arco. Después de abandonar la cuerda del arco, la flecha sigue moviéndose hacia adelante durante algún tiempo, pero llega un momento en que aterriza y se para. Puesto que la flecha es un objeto terrestre, su movimiento natural es verticalmente hacia abajo y su movimiento horizontal es violento, pero todo movimiento violento requiere alguna fuerza externa para mantenerse y, en ausencia de tal fuerza, la flecha que deja la cuerda del arco debería caer directamente al suelo. El problema, entonces, es encontrar la fuerza que da cuenta del movimiento violento de la flecha (como Leverrier y Adams tenían

que encontrar la fuerza que daba cuenta de las perturbaciones de Urano y Mercurio). Entre las soluciones propuestas está la de Aristóteles de que el aire proporciona la fuerza que mantiene a la flecha en movimiento^[2] y la teoría medieval de que la cuerda del arco impartía una fuerza o «ímpetu» a la flecha. El punto a enfatizar aquí es que el intento de dar cuenta del movimiento de un proyectil era un problema genuino de investigación para la dinámica antigua y medieval.

En el segundo reino de la física antigua, los cielos, no se encuentran ninguno de los cuatro elementos terrestres. Las estrellas, los planetas, el Sol y la Luna están hechos de un elemento diferente y más perfecto llamado «quintaesencia» o «éter». El movimiento natural es circular. Las razones para la elección de un movimiento circular parecen haber sido en parte observacionales y en parte teóricas (algunos dirían «religiosas», pero está lejos de ser cierto que podamos hacer la distinción clara entre ideas científicas y religiosas en los griegos —o incluso en Newton— que hacemos hoy). Los movimientos diarios de los cielos y muchos de los movimientos anuales parecen circulares, y se creía que los cuerpos celestes eran objetos inmutables y perfectos. Pero el movimiento fue entendido como una forma de cambio; luego si los cuerpos celestes desarrollaban su propia forma de movimiento, debía ser aquella que se acerca más a lo inmutable, un movimiento circular eterno en una órbita permanente. En realidad, estrictamente hablando, no eran los cuerpos celestes los que se movían; estaban atados a esferas que rodaban. Desafortunadamente, no todos los movimientos observables de los cuerpos celestes son circulares: los planetas^[3], un grupo pequeño pero prominente de objetos observables, tienen movimientos anuales que consisten en extraños recorridos curvos^[4]. Esta excepción al movimiento circular proporcionó el principal problema de investigación de la astronomía de Platón y Kepler.

Requieren especial énfasis dos comparaciones entre el problema de los planetas y el del movimiento de un proyectil. Primero, nos las habernos con dos cuerpos diferentes de presuposiciones dinámicas; los tipos de hechos que requieren explicación difieren en los dos casos. En el caso del proyectil, la desviación del movimiento *vertical* requiere una explicación; para los planetas es preciso explicar la desviación del movimiento *circular*. Como veremos, después de que Newton introdujo los movimientos celestes y terrestres dentro de la perspectiva de una sola teoría, los mismos tipos de movimiento requerían explicación en todos los casos. Segundo, los tipos de explicación que las presuposiciones operativas permiten en los casos terrestre y astronómico son diferentes. El concepto de movimiento violento se aplica

sólo dentro de la esfera terrestre. Mientras que es posible admitir una desviación del movimiento natural y, así, buscar una fuerza para dar cuenta de la desviación, no se permite ninguna violación del movimiento natural en astronomía. Se mantenía que, desde luego, los planetas se movían sólo en círculos; a pesar del hecho de que parecían moverse de forma no circular, y el problema de investigación de los astrónomos era encontrar un sistema de movimiento circular que «salvara las apariencias»; esto es, explicar por qué los planetas se nos aparecen moviéndose de forma no circular.

La recepción de las hipótesis copernicanas debe ser entendida en este contexto intelectual. Se nos ha dicho con frecuencia que el sistema copernicano es más simple y preciso que la vieja astronomía que ponía a la Tierra en el centro con sus círculos y epiciclos, y desde un punto de vista formal esta pretensión tiene alguna sustancia. Al tomar el Sol como estacionario, Copérnico eliminó los epiciclos principales y la necesidad de hipótesis *ad hoc* para explicar el hecho de que Mercurio y Venus nunca se alejan del Sol, y era capaz de determinar cuál de los dos planetas estaba más cerca del Sol. Por otro lado, su sistema no era más exacto que la vieja teoría y también conservaba el principio de movimiento circular para los cuerpos celestes y, de este modo, requería epiciclos. En realidad, incluso conservó la noción de que los cuerpos celestes son transportados por esferas cristalinas, a los que se refiere el título de su libro *Sobre las revoluciones de las esferas celestes (De revolutionibus Orbium-Coelestium)*^[5].

Afirmar, por tanto, que la visión de Copérnico era más simple *simpliciter* es contemplar la cuestión ahistóricamente, desde el punto de vista de la ciencia contemporánea más que en el contexto intelectual dentro del cual surgió. Dejando a un lado cuestiones sobre la interrelación de la ciencia y la teología y limitándonos a las cuestiones científicas en el sentido moderno, el precio a pagar por las mínimas ganancias formales de la nueva teoría fue minar la física aceptada, mientras que, al menos inicialmente, los copernicanos no disponían de ninguna nueva física para reemplazar a la antigua. Al situar la Tierra en órbita alrededor del Sol, Copérnico destruyó la distinción aceptada entre las esferas sublunar y supralunar y, en efecto, hizo de la Tierra un cuerpo celeste. Todavía sería posible considerar los movimientos circulares como la forma natural de movimientos de los cuerpos celestes, pero el concepto de cuerpo celeste fue alterado y se socavó todo el sistema de la mecánica terrestre. Una vez que la Tierra, el caso paradigmático de cuerpo «terreo», ya no descansa en el centro del Universo, ¿cómo podríamos dar cuenta del hecho de que otros cuerpos terrestres tiendan a caer

a la Tierra? Además, se suscitaban problemas, tales como el de por qué la Tierra no deja atrás a su atmósfera y por qué una piedra arrojada hacia arriba cae derecha hacia abajo. Si el aire y una piedra tuvieran un movimiento natural vertical y la Tierra se estuviera moviendo alrededor del Sol, haría falta un movimiento violento adicional para mantenerlos moviéndose con la Tierra; pero no parece que exista ningún agente violento. La nueva astronomía necesitaría una forma totalmente nueva de dinámica que hiciera caso omiso de la idea de que se aplican diferentes leyes dinámicas a los cielos y a la Tierra. Copérnico no proporcionaba esa nueva dinámica y, sólo después que se hubo constituido una, se completó la revolución iniciada por él.

Galileo dio el primer gran paso hacia una nueva física con la introducción del concepto de movimiento inercial: si un cuerpo terrestre estuviera en movimiento sin que ninguna fuerza actuara sobre él, continuaría en movimiento indefinidamente. Esta tesis, una vez aceptada, elimina el viejo problema del movimiento del proyectil. La idea de que los objetos tienen un movimiento natural se mantiene, pero, en el caso de los objetos terrestres, el movimiento natural ya no es finito, sino infinito, y se vuelve necesario explicar por qué cesa más que por qué continúa. En el caso del movimiento del proyectil, el viejo problema de por qué la flecha continúa moviéndose después de abandonar el arco se disuelve: esto es lo que debe hacer naturalmente; no hace falta ninguna explicación. De este modo Galileo propuso mucho más que una nueva teoría. Ofreció lo que Toulmin ha llamado un nuevo «ideal de orden natural^[6]», una nueva concepción fundamental de cómo actúa la naturaleza y, en consecuencia, cambió nuestra comprensión de qué fenómenos requieren explicación y de qué cuestiones pueden preguntarse legítimamente.

Pero Galileo no completó el trabajo de formular la nueva dinámica porque, si bien introdujo una parte importante del moderno concepto de inercia, consideró el movimiento inercial como circular. Si un proyectil fuera disparado desde la Tierra, por ejemplo, y no interfirieran otras fuerzas, continuaría moviéndose eternamente alrededor de la Tierra con un recorrido circular. Galileo fue contemporáneo de Kepler, pero parece que simplemente ignoró el descubrimiento de éste de que los planetas se mueven en elipses, no en círculos. Por otro lado, al mantener que el movimiento circular es la forma natural de movimiento para los cuerpos terrestres, Galileo dio un gran paso en el proceso de destrucción de la distinción tradicional entre los cuerpos terrestres y celestes. Faltaba, sin embargo, que Descartes y Newton dieran el paso final y propusieran que el movimiento inercial, tanto para los cuerpos

celestes como para los terrestres, es un movimiento lineal. Como resultado de este nuevo concepto de inercia, la concepción física de la naturaleza cambió una vez más, y con ella cambiaron también su comprensión de qué clase de fenómenos requieren explicación y los modelos de explicación. El movimiento en línea recta a velocidad constante no requiere más explicación que decir que «no hay fuerza actuando», lo que, en el contexto de la mecánica newtoniana, no es una explicación en absoluto, sino una negación de la necesidad de que haya explicación, considerando que el movimiento circular o cualquier otro movimiento no lineal se convierte en desviación que requiere explicación. Lo más importante es que se suscitaban los mismos tipos de problemas y se necesitaban los mismos tipos de soluciones tanto para los cuerpos celestes como para los terrestres.

De este modo, esta revolución científica entrañó cambios fundamentales en las presuposiciones de la física, junto con cambios de algunos conceptos básicos en términos de los cuales los científicos pensaban sobre el mundo físico. Nos hemos concentrado hasta aquí en los cambios en las presuposiciones; ahora nos volvemos a algunos de los cambios conceptuales.

EL CAMBIO CONCEPTUAL

Tanto antes como después de Copérnico, los astrónomos fueron desafiados por los extraños movimientos de los planetas, y hemos visto que los explicaban de diferente manera antes de Copérnico y después de Newton. Pero a medida que iba avanzando este cambio en las presuposiciones científicas, el mismo concepto de planeta se modificaba, de manera que, en un sentido importante, los nuevos astrónomos no estaban tratando de explicar lo mismo que los antiguos. La mejor manera de aclarar este punto es examinar los cambios que tuvieron lugar en términos de la distinción entre el sentido y la referencia de un concepto, los cuales fueron modificados en el caso presente.

Tomando el sentido del concepto primero, antes de Copérnico las características definitorias de un planeta incluían como requisitos que se moviera alrededor de la Tierra y en relación con las estrellas fijas. Para Kepler y Newton, el movimiento alrededor del Sol se había convertido en una característica definitoria. De manera semejante, los desarrollos posteriores de la astronomía condujeron a otros cambios ulteriores en el concepto de planeta, de modo que ahora tiene sentido perfectamente sugerir que hay planetas que

describen órbitas alrededor de las estrellas, una afirmación que no hubiera tenido sentido para un precopernicano e, incluso, para el mismo Copérnico.

La tesis de que el significado de los conceptos cambia como resultado de una revolución científica ha sido considerada por muchos empiristas lógicos como una de las afirmaciones más desaforadas de la nueva filosofía de la ciencia. Una doctrina central del pensamiento empirista ha sido durante largo tiempo que los significados de los términos son completamente independientes de las proposiciones en las que aparecen, y que podemos aceptar o rechazar proposiciones sin que esto tenga efecto alguno en lo que significamos mediante los términos que aparecen en ellas. Una de las consecuencias de nuestra opinión, sin embargo, es que hay una íntima relación entre el contenido de los conceptos y las proposiciones en las que aparecen.

Defendiéndose contra esta concepción, un empirista lógico, Israel Scheffler, concede que el sentido de los conceptos cambia en el curso del desarrollo de la ciencia, pero mantiene que esto carece de importancia, puesto que «para los propósitos de las matemáticas y la ciencia interesa más la mismidad de referencia que la sinonimia [...]»^[7], esto es, no tiene lugar ningún cambio conceptual significativo a menos que haya cambiado la extensión del concepto. Pero, si volvemos al concepto de planeta, está claro que la extensión del concepto también ha cambiado. Antes de Copérnico, la Tierra no estaba incluida en la clase de los planetas; para astrónomos posteriores la Tierra se ha convertido en un planeta. De manera semejante, la Luna y el Sol eran planetas para los precopernicanos, puesto que se movían alrededor de la Tierra y con relación a las estrellas fijas^[8], pero ya no fueron planetas después de Copérnico. De hecho, se tuvo que introducir un nuevo concepto para ajustar los satélites de los planetas.

Tomemos un segundo ejemplo, más complejo. Ya se ha indicado en nuestra discusión del concepto de planeta que no podemos entender totalmente el modo en que funciona un concepto examinándolo aisladamente de otros conceptos. Un análisis completo de la transformación del concepto de planeta desde la astronomía medieval hasta nuestros días requiere un análisis de los cambios en conceptos como los de Sol y estrella. De nuevo han cambiado tanto el sentido como la referencia. Para los medievales, el Sol era un objeto único y no hubiera tenido sentido llamar al Sol estrella o a una estrella Sol; para los astrónomos modernos, los términos «estrella» y «sol» son sinónimos. (No son sinónimos en el lenguaje cotidiano, pero lo que nos importa es el vocabulario técnico del astrónomo). En cuanto a la referencia de

estos términos, para nosotros existe una estrella más y miles de millones más de soles de los que los precopernicanos hubieran podido admitir en principio.

Considérese ahora otro par de conceptos estrechamente relacionados, caída y pesantez o peso. Tanto los antiguos y los medievales como los contemporáneos afirman que los cuerpos pesados caen, y ofrecen explicaciones de este fenómeno, pero no sólo difieren las explicaciones; la frase «Los cuerpos pesados caen» tiene diferentes significados en los contextos de la ciencia aristotélica y moderna debido a las diferencias en los significados de los términos «peso» y «caer». Para Aristóteles no hay sólo una distinción relativa entre «ligero» y «pesado», sino una distinción absoluta: la ligereza es una propiedad real tanto como el peso^[9]; los objetos pesados se mueven hacia abajo a su lugar natural; los objetos ligeros hacia arriba, al suyo. El concepto que Aristóteles tiene de un cuerpo pesado difiere del nuestro como quiera que está ligado a una propiedad contraria que no existe en el sistema conceptual moderno. De modo similar, su concepto de caída es distinto del nuestro, puesto que no sólo tiene un sentido diferente — movimiento hacia un lugar natural para Aristóteles, movimiento hacia un cuerpo gravitatorio para nosotros—, sino que también lo es su extensión. Para Aristóteles, tanto la piedra que se mueve hacia el suelo como el movimiento ascendente de una chispa o de un globo de helio son ejemplos del mismo tipo de movimiento.

El concepto aristotélico de caída como movimiento hacia un lugar natural no dejaba lugar a la vez al concepto newtoniano de caída como movimiento bajo la influencia de la gravitación. Los conceptos fructíferos se desarrollan al ser incorporados a nuevas teorías, sufriendo a veces muchos cambios en el proceso. Por ejemplo, Galileo, al que se ha reconocido como descubridor de la forma moderna de la ley de caída de los cuerpos, introdujo un cambio crucial en el concepto aristotélico de caída y, así, produjo un concepto bastante diferente tanto del aristotélico como del newtoniano, pero mucho más cercano al primero. Galileo aceptó el concepto de caída como movimiento hacia un lugar natural, pero rechazó el análisis aristotélico de los lugares naturales. Para Aristóteles, como hemos visto, el espacio está estructurado independientemente de la materia, y el arriba y el abajo son propiedades inherentes del espacio^[10]. Para Galileo, por otro lado, el lugar natural de un cuerpo material está determinado por su fuente. El lugar natural de un trozo de tierra, por ejemplo, es la Tierra, y, por ende, una piedra vuelve a la Tierra cuando cae; un trozo de Luna, si se deja libremente, caería de nuevo a la Luna.

Ahora bien, como todas las partes de la Tierra cooperan a formar su conjunto, de lo que se sigue que tienen iguales tendencias a juntarse para unirse del mejor modo posible y de adaptarse tomando una forma esférica, ¿por qué no podemos creer que el Sol, la Luna y otros cuerpos del mundo son también de forma redonda simplemente por un instinto concorde y una tendencia natural de todas sus partes componentes? Si alguna vez una de estas partes fuera separada por la fuerza del todo, ¿no es razonable creer que volvería espontáneamente y por tendencia natural^[11]?

Este cambio en la noción de lugar natural elimina uno de los problemas clásicos planteados por los aristotélicos contra la visión copernicana, el problema de por qué los objetos térreos caen hacia su lugar natural en el centro del Universo si la Tierra misma no cae allí. Al redefinir el lugar natural de un objeto térreo como la Tierra misma, cualquiera que sea el lugar del espacio en el que eso pueda suceder, Galileo puede concebir la caída de una piedra como un retorno a su lugar natural eliminando cualquier inconsistencia entre esta afirmación y la copernicana de que la Tierra se mueve alrededor del Sol. Con Newton, los conceptos de lugar natural y de tendencia a volver al todo desaparecen y el concepto de caída experimenta otra transformación, en movimiento bajo el efecto de la fuerza gravitatoria. Más tarde, en el contexto de la relatividad general con su destierro de las fuerzas y la introducción del movimiento a lo largo de geodésicas en el espacio-tiempo, el concepto ha sufrido aún otra transformación, y no tenemos razón segura para creer que esta última sea la final. Además de los conceptos que cambian en el curso de una revolución científica, hay otros que caen. Esto ha sucedido con el lugar natural, el flogisto, el éter, y es al menos lógicamente posible que algún desarrollo futuro de la teoría física elimine el concepto de caída. Pero las situaciones que nos interesan en este momento son aquellas en las que un concepto se transforma. En verdad, como muestra el destino de la ligereza absoluta y el lugar natural, el abandono de algunos conceptos puede dar lugar a la modificación de otros que se conservan.

Los casos de conceptos transformados proporcionan situaciones de igualdad/diferencia análogas a las que hemos examinado en el caso de la percepción: después de una revolución encontramos modificaciones reconocibles de viejos conceptos. En el concepto de planeta, por ejemplo, tanto el sentido como la referencia cambiaron, pero se mantuvieron iguales muchos aspectos de ambos a través de este cambio. Por ejemplo, los planetas son todavía objetos celestes que se mueven con respecto a las estrellas fijas y hay un considerable solapamiento entre la extensión del viejo concepto y la del nuevo^[12].

De modo similar, a pesar de cambios fundamentales, el concepto de caída todavía se aplica al movimiento de una amplia clase de objetos dejados sin

apoyo cerca de la superficie de la Tierra. Podemos esclarecer esta cuestión y avanzar en nuestro análisis de los conceptos y de su relación con las proposiciones en las teorías científicas considerando otro ejemplo, extraído esta vez de la mecánica de Newton.

¿Cómo hemos de definir el concepto newtoniano de masa? Newton da dos definiciones. En la primera definición de los *Principia* define la «masa» como la cantidad de materia que se mide por el producto de densidad y volumen [13], mientras que en la tercera define «inercia» como la capacidad de un cuerpo para resistir los cambios en su estado de movimiento y hace notar que masa e inercia son dos formas diferentes de concebir la misma propiedad [14]. Mientras que los libros de texto contemporáneos evitan tales definiciones verbales, los escritores difieren fundamentalmente en los modos en que introducen el concepto. Algunos, por ejemplo, toman «masa» como un concepto primitivo no-definido [15]. Otros consideran «fuerza» como un término que comprendemos a partir de la experiencia cotidiana y usan la segunda ley de Newton para definir «masa» como la proporción de fuerza y aceleración [16]. Pero ninguna de estas definiciones nos dice por sí misma cómo funciona el concepto de masa en la mecánica newtoniana, aunque la posibilidad de definiciones alternativas sí sugiere que hay una íntima relación entre los conceptos de masa, fuerza y aceleración, y que puede ser imposible entender cualquiera de estos conceptos sin entenderlos todos. Tenemos que examinar, por tanto, cómo funciona el concepto de masa en la estructura de la física newtoniana.

La masa aparece en las dos ecuaciones centrales de la física newtoniana: en la segunda ley, $F = ma$, y en la fórmula de la gravitación, $F = Gmm'/r^2$. El aprendizaje del uso de las ecuaciones para resolver problemas físicos y el aprendizaje del concepto newtoniano de masa son inseparables el uno del otro, así que no puede hacerse una distinción clara entre la comprensión del concepto de masa y la comprensión de las proposiciones fundamentales en las que aparece. Además, la mecánica newtoniana se formula a menudo en términos del cálculo vectorial. En dichos términos, fuerza, aceleración y distancia son cantidades vectoriales y la masa es un escalar, de modo que una total comprensión del concepto de masa requiere la comprensión de la distinción entre un vector y un escalar y cómo manipular ecuaciones vectoriales. (Muchos de los estudiantes de física contemporáneos aprenden a manipular vectores en el curso del aprendizaje de la mecánica newtoniana). Por poner un ejemplo más, la mecánica newtoniana hace amplio uso del cálculo diferencial e integral. En estos términos, las dos ecuaciones siguientes

son equivalentes: $F = d(mv)/dt$ y $F = m dv/dt$. Entender por qué estas ecuaciones son equivalentes y por qué no podemos escribir también $F = v dm/dt$ es parte de lo implicado por la comprensión del concepto de masa (así como los conceptos newtonianos de fuerza, aceleración, velocidad, momento y tiempo). No podemos aprender los conceptos de la mecánica newtoniana aislados entre sí, ni aislados de las proposiciones y fórmulas en que aparecen, ni, puesto que la mecánica newtoniana es física matemática, aislados de las operaciones matemáticas que se aceptan como legítimas. Aprender física newtoniana no es aprender primero los conceptos y luego coordinarlos en proposiciones; es aprender simultáneamente una constelación de conceptos y las proposiciones y fórmulas en que aparecen.

Se puede adaptar aquí una metáfora usada por algunos empiristas lógicos para aclarar aún más la relación entre conceptos y proposiciones. En el curso de una crítica al operacionalismo, Hempel escribe:

La sistematización científica requiere el establecimiento de diversas conexiones, mediante leyes o principios teóricos, entre diferentes aspectos del mundo empírico, que son caracterizados por conceptos científicos. De este modo, los conceptos de la ciencia son los nudos de una red de interrelaciones sistemáticas en la que las leyes y los principios teóricos forman los hilos^[17].

Desde que se escribió este pasaje, las opiniones de Hempel sobre este problema del significado han seguido desarrollándose. Como hemos visto, ahora reconoce plenamente que los significados de los términos teóricos no pueden ser especificados completamente por referencia a un vocabulario previamente disponible, pero concluye de esto que el problema del significado de los términos teóricos «no existe^[18]». La conclusión de Hempel debería ser que este problema como ha sido concebido por los empiristas lógicos no tiene solución, pero debido a que conserva su compromiso empirista, Hempel no logra darse cuenta de que ha sugerido un enfoque alternativo a la teoría del significado; un enfoque que proporcionaría mucha comprensión sobre el problema del cambio conceptual.

Un concepto científico es un nudo de una trama; los hilos de la trama son las proposiciones que forman una teoría; el significado de un concepto es su posición en la trama. Por tanto, el significado de un concepto, está determinado por los hilos que llegan a este nudo, por los otros nudos a los que el nudo en cuestión está conectado y por las ulteriores conexiones de estos otros nudos. En el caso del concepto de masa, la segunda ley y el principio de gravitación son dos de los hilos principales, y este nudo está, además, ligado a los nudos que constituyen los conceptos de fuerza, aceleración, etc. Pero las

distinciones entre escalares y vectores y entre los cálculos diferencial e integral también aportan hilos a este nudo. En suma, un concepto no es algo simple que o se capta enteramente o no se capta en absoluto, sino más bien un complejo que sólo puede aprenderse poco a poco. Es corriente que un alumno aprenda a usar conceptos tales como fuerza, masa y momento y una ley como la forma $F = ma$ de la segunda ley, antes de que haya estudiado cálculo. Cuando más tarde aprende cálculo y puede manejar la formulación del momento de la segunda ley, su comprensión de esta ley, así como de estos conceptos, se modifica. Poco a poco, y a medida que desarrolla su comprensión de una teoría, al aprender más de los hilos que forman la trama, desarrolla además una comprensión más cabal de los conceptos implicados.

Anteriormente, sostuve que Feigl estaba equivocado al mantener que una teoría es un constructo intelectual sin significado hasta que se lo conecta con las observaciones; yo indicaba que es más correcto mantener que las teorías dan significado a nuestras observaciones que mantener que son las observaciones las que dan significado a la teoría. Ahora puede aclararse más mi postura. La imagen de una teoría científica como un sistema de proposiciones y conceptos que existe independientemente de cualquier conexión con la observación no describe un estadio en el desarrollo histórico de ninguna teoría existente ni arroja luz sobre la estructura de las teorías científicas [19]. Lo mismo que no puede haber observación significativa sin teorías, no puede haber ninguna teoría científica que no se use para organizar alguna área de la experiencia. Por tanto, hay un sentido en el que es verdad que la observación confiere significado a las teorías, pues una parte de Incomprensión de una teoría es comprender a qué zonas de la experiencia se aplica, y las observaciones relevantes proporcionan un importante conjunto de hilos a la trama teórica; al mismo tiempo, la teoría proporciona el significado de las observaciones. Los conceptos, las proposiciones y las observaciones son los elementos a partir de los cuales se construyen las teorías científicas. Es imposible introducir cualquiera de estos elementos sin introducir los otros dos, y es imposible iniciar el aprendizaje de uno de estos aspectos de una teoría sin iniciar el aprendizaje de los otros.

Finalmente, podemos aplicar la metáfora de la trama a conceptos que se transforman como resultado de una revolución científica. Algunos de los hilos que entran en un nudo particular se eliminan, otros son reorientados, y se introducen algunos hilos nuevos. El concepto conserva algunas de sus antiguas características puesto que algunos de los antiguos hilos han quedado intactos, pero también pierde algunas de las antiguas relaciones y adquiere

otras nuevas, y de este modo adquirimos una versión nueva de un viejo concepto^[20].

Estos temas pueden ser desarrollados más y nuestros argumentos reforzados si recurrimos a la transformación de la mecánica newtoniana en la relativista.

RELATIVIDAD

La relación entre la teoría de la relatividad y la mecánica newtoniana se ha convertido en objeto de un amplio debate, en torno a la cuestión central de si el desarrollo de la teoría de la relatividad constituye una revolución científica: una transformación en las presuposiciones fundamentales de la física junto con cambios concomitantes en conceptos científicos y en el mundo científico. Los empiristas lógicos y muchos físicos niegan que tal revolución haya tenido lugar. La teoría de la relatividad —mantienen— no ha invalidado a la mecánica newtoniana, sino que más bien es una generalización de la misma para incluir situaciones de alta velocidad. Las ecuaciones de la mecánica newtoniana han sido verificadas sólo para situaciones de baja velocidad, y la presunción de que aquéllas se aplicaban a altas velocidades también era gratuita, según se arguye. Einstein concibió un nuevo conjunto de ecuaciones que se aplican tanto a alta como a baja velocidad y que circunscriben las ecuaciones newtonianas al límite de las bajas velocidades. En respuesta a dichas opiniones, autores como Kuhn^[21] y Feyerabend^[22] mantienen que, aunque puede mostrarse que las ecuaciones de Einstein se reducen a ecuaciones que son formalmente idénticas a las de Newton para velocidades que son pequeñas en comparación con la velocidad de la luz, no son ecuaciones newtonianas puesto que los términos-clave se definen de manera diferente. Examinemos estas cuestiones con más detenimiento.

Debería estar claro que la mera similitud formal no es suficiente para probar que dos ecuaciones sean idénticas; pueden tratar muy bien de asuntos diferentes. La ley de Ohm, $V = IR$, por ejemplo, es formalmente idéntica a $F = ma$ y a $s = vt$, la fórmula para calcular la distancia a partir de la velocidad y el tiempo, pero nadie sugeriría que todas estas ecuaciones dicen lo mismo. De modo similar, la ecuación diferencial para un circuito con resistencia, inductancia y capacitancia es formalmente idéntica a la ecuación para una vibración de fuerza, etcétera. Estas analogías formales proporcionan la base de un gran número de técnicas de cálculo, así como de los computadores

analógicos, pero no muestra que haya ningún sentido importante en él que las ecuaciones implicadas sean idénticas; para que dos ecuaciones sean idénticas, no sólo deben tener la misma forma, sino que sus símbolos deben estar por los mismos conceptos. Consideremos entonces la relación entre los conceptos de la física newtoniana y la relativista.

Siguiendo con la masa como ejemplo principal, ya hemos visto que, para la mecánica newtoniana, la masa de un cuerpo es una constante; para la teoría de la relatividad, la masa de un cuerpo es una variable dependiente de la velocidad, con un valor mínimo igual a la masa tal como se da en la teoría newtoniana y un valor superior que se incrementa sin límite conforme la velocidad relativa de un cuerpo se acerca a la velocidad de la luz. Como resultado de esta alteración, muchos de los ejemplos en los que el concepto de masa aparece en la física de la relatividad son diferentes de aquellos que aparecen en la mecánica newtoniana. La fórmula $F = ma$ ya no es válida, ni podríamos definir m como una proporcionalidad constante entre la fuerza y la aceleración. La fórmula $F = d(mv)/dt$ es válida aún, pero, puesto que la masa es ahora una variable que depende de la velocidad y la velocidad está en función del tiempo, ya no es permisible quitar m de la derivada. Más bien, el momento mv se convierte en fundamental y la fórmula $F = d(mv)/dt$ se usa comúnmente como una definición de «fuerza». Pero el concepto de momento en el que m aparece no funciona del mismo modo que el concepto de momento en la mecánica newtoniana. Incluso cuando el momento se define todavía como mv , el verdadero uso real de esta noción inserta m en otros nuevos patrones conceptuales. Así pues, la mecánica newtoniana tiene dos principios fundamentales distintos, la conservación del momento y la conservación de la energía, con m apareciendo también en ciertos patrones característicos de las ecuaciones de energía. Pero la teoría de la relatividad reemplaza estos principios separados por un único principio combinado de conservación del momento-energía, y los conceptos de momento y energía ya no se relacionan como se relacionaban en la mecánica newtoniana. La nueva relación entre momento y energía indica que los conceptos de momento y energía han sido modificados, y conceptos tales como el de masa que aparecen en las nuevas ecuaciones en nuevos patrones y sometidos a nuevas operaciones, comparten este cambio conceptual. Consideremos un ejemplo más.

En la mecánica newtoniana los conceptos de masa y energía están en alguna medida relacionados puesto que, por ejemplo, la energía cinética es una función de la masa. Pero en la teoría de la relatividad el lazo es mucho

más íntimo: la masa de un cuerpo en reposo es idéntica a una forma de energía y la energía cinética de un cuerpo en movimiento es idéntica a un incremento en su masa. De este modo, la ecuación newtoniana $T = 1/2 mv^2$ y la ecuación relativista $E = mc^2$ son dos tipos de ecuación diferentes, esto es, el signo de igualdad afirma algo radicalmente distinto en cada una. La primera ecuación nos dice cómo calcular el valor numérico de la energía cinética de un cuerpo en movimiento a partir de los valores numéricos de la masa del cuerpo y de la velocidad; la segunda ecuación nos dice cómo calcular la energía de un cuerpo, pero se aplica tanto a cuerpos en movimiento como a cuerpos en reposo y afirma la equivalencia de masa y energía. La diferencia es parecida a la que hay entre afirmar (a) «La estrella matutina tiene la misma magnitud que la estrella vespertina» y (b) «La estrella matutina es la estrella vespertina» [donde, claro está, (b) entraña (a)]. Pero no podemos reconocer la diferencia entre $T = 1/2 mv^2$ y $E = mc^2$ a partir sólo del análisis de las ecuaciones; esto requiere la comprensión de estas ecuaciones en el contexto de las teorías en las que funcionan. Debemos, por ejemplo, entender el especial papel que la velocidad de la luz juega en la teoría de la relatividad para poder entender por qué $E = mc^2$ puede afirmar la identidad de E y m y no la identidad de E y c . Sólo podemos captar el significado de los símbolos si comprendemos los conceptos por los que están, y sólo podemos comprender estos conceptos si comprendemos el papel que juegan en la teoría.

No hemos de olvidar, sin embargo, la otra cara de la moneda. Porque, mientras que el giro de la física newtoniana a la relativista ha dado lugar a cambios fundamentales en varios conceptos físicos, estos conceptos también se han mantenido igual en muchos aspectos. La masa, por ejemplo, sigue siendo una medida de resistencia al cambio de velocidad, aunque el modo en el que cambia la velocidad haya sido reformulado. De modo similar, el concepto de tiempo es modificado fundamentalmente por la teoría de la relatividad: se convierte también en una función de la velocidad relativa. Las mediciones del tiempo varían desde diferentes marcos de referencia, se desvanece el concepto de dos hechos simultáneos a distancia el uno del otro. Sin embargo, el concepto relativista de tiempo es una modificación y un desarrollo del concepto newtoniano de tiempo (pero no una generalización de éste) y realiza muchas funciones del mismo tipo de las que realiza el concepto de tiempo en la mecánica newtoniana, por ejemplo, en las definiciones de velocidad y aceleración. De este modo, los conceptos de la teoría de la relatividad son, en un sentido importante, continuos con los de la mecánica

newtoniana siendo, sin embargo, conceptos diferentes.. En consecuencia, las fórmulas que las dos teorías parecen compartir son fórmulas diferentes: entendidas en el contexto de sus respectivas teorías, dicen cosas diferentes sobre la estructura del mundo físico.

Hay, sin embargo, una segunda razón por la que la tesis de que la teoría de la relatividad es una generalización de la mecánica newtoniana sigue siendo atractiva. La mecánica newtoniana da resultados cuantitativos completamente satisfactorios, indistinguibles de los de la teoría de la relatividad dentro de los límites de la precisión observacional, para situaciones de baja velocidad. Pero consideremos el *status* de los resultados numéricos iguales más de cerca.

Puesto que la mecánica newtoniana da resultados que son consistentes con la observación en un amplio abanico de casos, cualquier teoría nueva que se aplique a los mismos fenómenos debe producir resultados que sean al menos muy cercanos a los que se derivan de la teoría newtoniana. Ahora bien, el hecho de que se pueda hacer que la teoría de la relatividad produzca ecuaciones formalmente idénticas a las ecuaciones newtonianas sólo para el tipo de situaciones a las que pueden aplicarse con éxito la mecánica newtoniana es un modo particularmente conveniente de garantizar que las dos teorías darán los mismos resultados numéricos^[23], pero esto no entraña que estemos tratando con una sola teoría. Más bien tenemos dos teorías diferentes que dan los mismos resultados numéricos para una clase de situaciones en particular y resultados diferentes en otras situaciones.

Un examen del modo en que se manipulan los números en la práctica científica debería hacernos precavidos a la hora de extraer inferencias sobre la identidad de las teorías a partir de la identidad de los resultados numéricos. Cualquier número que se derive de una teoría tiene su correspondiente significado suministrado por la teoría, y cualquier número que se derive de la medición tiene un significado que se deriva de las teorías en las que se basa la construcción de los instrumentos empleados. En algunos casos la diferencia en unidades es suficiente para aclarar esta cuestión, puesto que es obvio que «cinco dinas» no es lo mismo que «cinco pies», pero hay también casos en los que dos números con las mismas unidades tienen significados muy diferentes. «Cinco amperios», por ejemplo, podrían denotar en un caso una corriente constante y en otro una corriente transitoria en un tiempo t . «Cinco electron-voltios» podría denotar la diferencia de potencial entre un ánodo y un cátodo o bien podría denotar la masa en reposo de una partícula. De este modo debemos conocer el significado ligado al número para poder comprenderlo.

Esto puede parecer trivial hasta que reconozcamos la facilidad y frecuencia con que el significado de un número particular puede ser olvidado cuando el número se traslada de un contexto a otro en el cual tiene un significado completamente diferente. Esto resulta particularmente evidente en el caso de las analogías usadas para propósitos de cálculo. Considérese, por ejemplo, un caso extremadamente simple de computador analógico: un circuito eléctrico formado por una resistencia pura variable, una fuente variable de voltaje y un amperímetro. De acuerdo con la ley de Ohm, la corriente es igual al voltaje dividido por la resistencia, $i = V/R$, y, para el movimiento con una velocidad constante, la velocidad es igual a la distancia dividida por el tiempo, $v = s/t$. Puesto que las dos ecuaciones tienen la misma forma, siempre que los mismos números se inserten en ambas ecuaciones en los lugares correspondientes las ecuaciones producirán el mismo resultado numérico; el significado asociado con estos números no juega ningún papel en el cálculo. De este modo puedo utilizar el circuito como un medio de calcular velocidades puesto que, si yo tengo valores numéricos para la distancia y el tiempo puedo olvidar el significado asociado con estos números, graduar el voltaje y la resistencia, y leer el valor correspondiente a la velocidad en el amperímetro. Sin duda, ya se ve que el resultado que yo leo en el amperímetro es « i amperios», pero dada la similitud formal entre los dos casos, sé que i es numéricamente igual a v y de este modo ignoro la significación de i en sí misma y la reemplazo por la de v .

Puede utilizarse en muchos casos un enfoque similar para simplificar los cálculos, algunas veces sin utilizar instrumental físico como intermediario. El ingeniero de estructuras, por ejemplo, se enfrenta a menudo con el problema de analizar una estructura estáticamente indeterminada, esto es, una estructura en la que hay más componentes de reacción que los que pueden hallarse usando las ecuaciones de la estática. Hay un método general para resolver estos problemas, pero es extremadamente incómodo y se ha desarrollado una serie de simplificaciones. Una de dichas simplificaciones es la «analogía de columnas» que puede usarse en el análisis de las estructuras que hacen marco. Un análisis general muestra que las ecuaciones para los componentes de la reacción redundantes (esto es, aquellos que exceden el número que puede hallarse a partir de la estática) son formalmente similares a las ecuaciones para las tensiones en una columna determinada estáticamente cuya sección transversal tiene la misma forma que el marco. De este modo es posible describir una columna imaginaria, calcular las tensiones adecuadas y estar seguro de que éstas son numéricamente iguales a los componentes de la

reacción del marco buscado. El ingeniero consigue los resultados numéricos correctos, pero el significado del número cambia al ser transferido de un contexto a otro.

De modo completamente análogo, el físico que usa la mecánica clásica para habérselas con situaciones de baja velocidad no hace uso de un caso especial o limitado de la física relativista, sino que se aprovecha de una analogía formal para simplificar los cálculos. Recordemos que el uso de la mecánica newtoniana constituye, sí, una simplificación, pues no es literalmente verdadero que las ecuaciones de la teoría de la relatividad «se reduzcan» a las de la mecánica clásica para el caso de un cuerpo que se mueva lentamente. La reducción es completa sólo en el caso de que la velocidad del cuerpo en cuestión sea cero. Para los problemas dinámicos, las mecánicas newtoniana y relativista no dan nunca el mismo resultado. La justificación del uso de la mecánica newtoniana en lugar de la relatividad es que, para un cierto abanico de casos y un margen de error permisible, la diferencia entre los resultados cuantitativos proporcionados por las dos teorías puede ser ignorada de modo que podamos utilizar también las ecuaciones más simples de la mecánica clásica. Esto, como había indicado Kuhn^[24], es comparable a la justificación de que los investigadores usaran una astronomía geocéntrica. La técnica utilizada proporciona un resultado numérico con un significado particular, pero, puesto que el científico tiene razones independientes para aceptar este resultado numérico, ignora el significado asociado con la teoría usada en realidad y lo reemplaza por el significado proporcionado por la teoría aceptada actualmente.

El que la mecánica clásica y la relativista no den nunca el mismo resultado numérico para cualquier cuerpo en movimiento sugiere otra línea de análisis. Tomando todavía la masa como ejemplo, para Einstein $m = m_0/\sqrt{1 - v^2/c^2}$, donde m_0 es numéricamente igual a la masa newtoniana. Al usar esta ecuación, el físico la extenderá a menudo como una serie infinita, $m = m_0[1 + 1/2(v/c)^2 + 3/8(v/c)^4 + 5/16(v/c)^6 + \dots]$, y la afirmación de que la masa relativista se reduce a la masa newtoniana para bajas velocidades puede expresarse como sigue: para valores de v/c lo suficientemente pequeños, todos los términos entre paréntesis después del uno son tan pequeños que podemos ignorarlos y decir que $m = m_0$. Precisemos ahora esta noción de velocidad lo suficientemente pequeña suponiendo que podemos ignorar cualquier serie de términos de la extensión anterior, con la condición de que al hacerlo no se introduzca un error superior a un 10%. Un cálculo recto muestra que, ignorando los otros términos, el primero es legítimo entonces para

velocidades de hasta $v = .45c$. Ahora bien, la noción de baja velocidad es, claro está, una noción relativa al contexto. En términos cotidianos, incluso en términos de era espacial, una velocidad de $.45c$, o una de 83.000 millas por segundo, es enorme, pero no es especialmente grande en los experimentos de partículas físicas, que desarrollan velocidades muy por encima de $.9c$. Podría decirse entonces que, para cualquier velocidad menor de $.45c$, la masa relativista «se reduce» a la masa newtoniana y la teoría de la relatividad «se reduce» a la teoría newtoniana. Si calculamos ahora el valor de v para el cual incluimos el segundo término de la serie pero ignorando todos los términos posteriores, resultará un error del 10%, obtendremos un resultado de $.77c$. Entonces, para valores de v entre $.45c$ y $.77c$, $m = m_0[1 + 1/2(v/c)^2]$; llamaremos a ésta la «masa newtoniana». De modo similar, encontramos que para los valores de v entre $.77c$ y $.90c$ podemos ignorar todos los términos posteriores al tercero sin introducir un error mayor del 10%, de modo que dentro de estos límites, $m = m_0[1 + 1/2(v/c)^2 + 3/8(v/c)^4]$; llamaremos a ésta la «masa newtoniana». En general, entonces, no sólo la física relativista se reduce a la física newtoniana para un abanico de velocidades en particular, sino que para otras series de velocidades se reduce a la física newtoniana o newtoniana, y así sucesivamente.

Claro está, ningún físico o filósofo ha llegado aún a proponer una defensa de la física newtoniana o newtoniana en este sentido, lo cual se debe indudablemente a que ninguna de ellas ha sido desarrollada ni usada ampliamente en el pasado reciente. Pero los intentos para mostrar que la teoría de la relatividad es una generalización de la teoría newtoniana que hemos examinado están basados en las relaciones formales y cuantitativas entre las dos teorías, no en su relación histórica, y en terrenos formales y cuantitativos no hay razón para mantener que la teoría de la relatividad es una generalización de la teoría newtoniana más que de la teoría newtoniana o newtoniana; no ha de entenderse esto como negación del hecho obvio de que la teoría de la relatividad brotó de la teoría newtoniana, pero la cuestión es que se originó en los fallos de la teoría newtoniana, no surgió de sus éxitos, y el proceso que produjo la nueva física no fue un proceso de generalización, sino más bien un proceso de adopción de nuevas presuposiciones acerca de la estructura de la realidad física y de transformación de conceptos básicos con los que los científicos piensan y se relacionan con el mundo físico.

Nuestra discusión de la relación entre la mecánica clásica y la relativista ha estado, hasta aquí, dirigida en gran parte contra la opinión de que la relatividad es una generalización de la mecánica newtoniana, y se ha dicho

poco para clarificar la relación entre las dos teorías. De modo similar, se ha dicho poco sobre la relación entre la física de Galileo y la aristotélica, aunque el modo en que se han yuxtapuesto estas dos revoluciones científicas en nuestra discusión, junto con nuestro rechazo de las tesis de que la física aristotélica no era en absoluto ciencia, debería sugerir que hay una relación similar en los dos casos. Pero lo mejor será dejar para el capítulo siguiente el intento de describir con mayor precisión cuál es esta relación.

REVOLUCIONES CIENTÍFICAS

La noción central sobre la que ha girado este capítulo es la de revolución científica. Sin duda habrá chocado al lector el que yo haya usado este término en un sentido algo diferente del tradicional. Tradicionalmente el término se ha usado para referirse a un único evento ocurrido durante los siglos XVI y XVII que dio lugar a la ciencia moderna. Tal como se ha usado aquí el término, ha habido varias revoluciones científicas; la de los siglos XVI y XVII es sólo una de ellas, aunque de particular importancia puesto que es el primer caso en el cual una teoría científica bien desarrollada y ampliamente aceptada fue derrocada, y no hay razón para creer que hayamos visto el último.

La noción de revolución científica es filosófica, no científica. Es una noción utilizada en la construcción de una teoría de la ciencia. Pero del mismo modo que los científicos hacen uso de los datos proporcionados por la observación y la experimentación al construir sus teorías, así el filósofo de la ciencia hace uso de los datos proporcionados por la historia de la ciencia al intentar construir una teoría filosófica de la ciencia. En la parte segunda sostuve que una filosofía de la ciencia es una teoría del mismo tipo general que una teoría científica. Podemos añadir ahora una observación más a ese argumentó. El cambio en la noción de revolución científica implicado en nuestro análisis de la ciencia es un cambio del mismo tipo que el cambio de conceptos científicos que hemos examinado en este capítulo. La nueva filosofía de la ciencia es un intento de provocar una revolución filosófica, y el concepto de revolución científica, heredado de teorías de la ciencia más antiguas, ha cambiado en el proceso. Esto está quizá más claramente indicado por el uso del término «revoluciones» en plural, un uso que no tiene sentido si tomamos «revolución científica» para referirnos a un evento único. El nuevo enfoque en la filosofía de la ciencia ha brotado del fracaso del anterior en la resolución de sus problemas y también de las anomalías reveladas por

modernos estudios de la historia de la ciencia. Está claro que en la construcción de un nuevo enfoque han cambiado tanto el sentido como la referencia del término «revolución científica». Por otro lado, al menos se mantiene un hilo del significado de la anterior noción: una revolución científica todavía se concibe como un cambio fundamental en el modo en que pensamos la realidad.

CAPÍTULO IX

DESCUBRIMIENTO

EL CONTEXTO DE DESCUBRIMIENTO Y EL CONTEXTO DE JUSTIFICACIÓN

Una doctrina central de la filosofía de la ciencia del empirismo lógico es la distinción entre el contexto de descubrimiento y el contexto de justificación. La fuerza de esta distinción estriba en la conocida tesis de que el filósofo se ocupa de cuestiones lógicas y que tales cuestiones surgen sólo después de que ha sido formulada una teoría científica; el proceso por el que un científico llega a pensar una teoría particular —se arguye— no le concierne al lógico o al filósofo, aunque puede ser de considerable interés para el psicólogo o el sociólogo. Rudner, por ejemplo, escribe:

Ahora, en general, el contexto de validación es el contexto que nos interesa, cuando, independientemente de cómo hayamos llegado a descubrir o tomar en consideración una hipótesis o teoría científica, planteamos cuestiones acerca de si aceptarla o rechazarla. Al contexto de descubrimiento, por otra parte, pertenecen cuestiones tales como de qué modo, de hecho, llega uno a dar con buenas hipótesis, o qué condiciones sociales, psicológicas, políticas o económicas llevarán a pensar hipótesis fructíferas^[1].

Asimismo, Reichenbach, argumentando que la epistemología se ocupa sólo del contexto de justificación, relega al contexto de descubrimiento cualquier consideración sobre «el modo del pensador de encontrar un teorema»^[2] y cualquier discusión de «los procesos reales del pensar»^[3], y Popper mantiene que:

El estado inicial, el acto de concebir o inventar una teoría, no parece ni reclamar el análisis lógico ni ser susceptible de él [...]. En consecuencia, distinguiré tajantemente entre el proceso de concebir una idea nueva, y los métodos y resultados de examinarla lógicamente. En cuanto a la tarea de la lógica del conocimiento —en contraposición a la psicología del conocimiento— procederé a asumir que consiste solamente en la investigación de los métodos empleados en aquellas contrastaciones sistemáticas a las que cada

nueva idea debe someterse si tiene que ser tomada seriamente en consideración^[4].

Hay dos tesis fundadas en esta distinción: que puede trazarse una línea tajante entre el descubrimiento y la contrastación de teorías científicas, y que sólo con respecto a la contrastación de teorías podemos hablar en absoluto de lógica, porque la lógica no tiene nada que decir sobre el descubrimiento. Estas dos tesis son dudosas. Comenzaremos examinando la primera.

Los autores citados arriba son capaces de distinguir tajantemente entre descubrimiento y contrastación sólo porque identifican el descubrimiento científico con la concepción o el tomar en consideración una nueva hipótesis. Pero no nos referimos usualmente a una propuesta como un descubrimiento a menos que haya pasado suficientes pruebas como para llegar a ser, al menos durante algún tiempo, una parte del cuerpo aceptado de la ciencia. A Kepler, por ejemplo, se le atribuye el descubrimiento de la órbita elíptica de Marte, pero este descubrimiento fue el resultado de años de trabajo que incluyó la propuesta y rechazo de un buen número de órbitas circulares y ovoides. Sin embargo, a pesar del hecho de que concibió e inventó numerosas hipótesis, sólo una de ellas, la que finalmente pareció ajustarse a sus datos dentro de un margen de error aceptable, es considerada un descubrimiento científico. De modo similar, a Newton se le atribuye el descubrimiento de la ley de la gravitación del inverso del cuadrado, y a Clairaut el haber mostrado cómo puede usarse esta ley para medir el movimiento de los ápsides de la Luna. Antes de que Clairaut resolviese su problema propuso^[5] en un momento dado que la ley de Newton debía modificarse para hacer la fuerza de la gravitación inversamente proporcional a $1/r^2 + 1/r^4$; sin embargo, no atribuimos a Clairaut el descubrimiento de esta ley de la gravitación. Cada idea que bulle en la mente de un científico no es un descubrimiento. Cuando atribuimos a Galileo, a Newton, a Einstein o a Bohr descubrimientos científicos, sólo consideramos aquellas hipótesis que tuvieron buenas razones para considerarlas como descubrimientos. El contexto de justificación es así parte del contexto de descubrimiento y no puede trazarse ninguna línea tajante entre descubrimiento y justificación. Podría replicarse que, incluso si la justificación es parte del descubrimiento, aún podemos distinguir dos partes del proceso de descubrimiento: una parte lógica, que llamamos «justificación», y una parte creativa, que es no-lógica. Esto nos lleva, sin embargo, a la segunda tesis referida arriba, la afirmación de que la lógica no tiene nada que ver con el aspecto creativo de la ciencia.

La mayor parte de los argumentos en contra de la posibilidad de una lógica del descubrimiento están dirigidos contra la noción tradicional de una lógica inductiva que nos permitirá inferir leyes científicas y teorías de conjuntos de enunciados de observación. En contra de esta forma de lógica del descubrimiento, Hempel argumenta:

La inducción es a veces concebida como un método que lleva, por medio de reglas mecánicamente aplicables, de hechos observados a los correspondientes principios generales. En este caso, las reglas de inferencia inductiva proporcionarían unos cánones efectivos de descubrimiento científico; la inducción sería un procedimiento mecánico análogo a la conocida rutina para la multiplicación de enteros, que nos lleva, en un número finito de pasos predeterminados y mecánicamente formulables, al producto correspondiente. Actualmente, sin embargo, no está disponible ningún procedimiento de inducción general y mecánico semejante; de otro modo, el muy estudiado problema de la causación del cáncer, por ejemplo, difícilmente habría permanecido sin resolver hasta este día. Ni siquiera puede esperarse el descubrimiento de un procedimiento semejante^[6].

Mientras cada cosa que Hempel dice aquí sobre la inducción es correcta, la fuerza de su argumento depende de igualar la noción de una lógica inductiva con la noción de un conjunto de reglas mecánicas, y el argumento llega a ser un argumento general en contra de la posibilidad de cualquier lógica del descubrimiento sólo si asumimos que una lógica debe ser un conjunto de reglas mecánicas. Así, Hempel pasa a argumentar que, mientras una lógica deductiva debe proporcionarnos tales reglas, no son reglas para el descubrimiento de nuevos teoremas, incluso en una ciencia deductiva como la matemática^[7]. Todo lo que una lógica deductiva ofrece es un conjunto de estándares a los que debe conformarse cualquier prueba propuesta. En otras palabras, el papel de la lógica deductiva es retrospectivo: nos proporciona criterios para una reconstrucción racional^[8] que hace clara y explícita la relación de los teoremas nuevamente probados con los teoremas y axiomas previamente aceptados. El único punto en el que entran en consideración las reglas mecánicas en absoluto, incluso en una ciencia puramente deductiva, está en el proceso de comprobar si una prueba propuesta es válida. Así, dada la noción de lógica como un conjunto de reglas mecánicas, es sólo en el proceso de comprobación de pruebas en el que estamos ocupados en una actividad lógica, y la tesis de que no hay ninguna lógica del descubrimiento se sigue trivialmente.

Popper da un paso más. Identifica primero la lógica con las proposiciones analíticas y las tautologías, y mantiene que no puede haber una lógica inductiva, ya que la inferencia inductiva no se ajusta a este modelo: «Ahora este principio de inducción no puede ser una verdad puramente lógica como

una tautología ni un enunciado analítico [...], porque en este caso todas las inferencias inductivas tendrían que ser contempladas como transformaciones puramente lógicas o tautológicas, exactamente igual que las inferencias en la lógica deductiva^[9]». Identifica entonces lo lógico con lo racional y niega de este modo que el descubrimiento científico sea racional: «No hay algo así como un método lógico para tener nuevas ideas, o una reconstrucción lógica de este proceso. Mi punto de vista puede expresarse diciendo que cada descubrimiento contiene “un elemento irracional”, o “una intuición creativa”, en el sentido de Bergson^[10]». Así, junto con la dicotomía entre descubrimiento y justificación se traza una ulterior dicotomía entre ser racional (igual a lógico, igual a tautológico, igual a mecánico) y creatividad: en efecto, uno es racional sólo en la medida en que sigue reglas mecánicas; cualquier alejamiento de las reglas mecánicas es un paso en el dominio de lo irracional o, más exactamente, de lo «arracional», ya que el quid es que hemos andado fuera del dominio en donde se aplica la noción de ser racional, no que los cánones de racionalidad hayan sido violados; y, en particular, cualquier acto creativo es arracional.

Esto, afirmo, es un extraño concepto de racionalidad. Más bien, aquellas decisiones que pueden hacerse mediante la aplicación de algoritmos son casos paradigmáticos de situaciones en las que la racionalidad no es requerida; es exactamente en aquellos casos en los que se requiere una decisión o una nueva idea que no puede ser dictada por reglas mecánicas en los que requerimos la razón^[11]. Tratando de construir una lógica del descubrimiento no propondré un conjunto de reglas para generar nuevas teorías científicas, sino más bien un marco conceptual que nos permitirá clarificar la relación entre nuevos descubrimientos científicos y el cuerpo existente del conocimiento científico y los problemas en el contexto de los cuales estos descubrimientos fueron hechos, y que nos proporcionará una base para la comprensión del tipo de razonamiento que lleva al científico creativo a un nuevo descubrimiento.

Hay otra dirección desde la que puede atacarse nuestra noción de lógica del descubrimiento. Puede argumentarse que, en la reconstrucción deductiva de un argumento, la conexión entre proposiciones es una conexión necesaria y ninguna lógica del descubrimiento puede satisfacer este estándar. No hay ninguna conexión necesaria, por ejemplo, entre Galileo haciendo bajar bolas por un plano y su descubrimiento de la ley de caída libre, y, al rechazar la afirmación de que las relaciones que una lógica del descubrimiento trata de analizar pueden expresarse en tautologías, ya he concedido que una lógica del

descubrimiento no puede presentar relaciones necesarias. Pero, de nuevo, no hay ninguna razón para limitar la noción de una relación lógica a la de una relación necesaria. Más bien propongo orientarme por la propia identificación de los empiristas lógicos de lo lógico con lo racional, y usar la noción de la lógica del descubrimiento en el sentido de un *rationale*, esto es, un intento de mostrar una estructura inteligible, aunque esto puede no consistir en relaciones necesarias^[12]. En particular, voy a desarrollar una noción de dialéctica y aplicar esta noción al análisis del descubrimiento científico^[13].

DIALÉCTICA

Se debe enfatizar desde el principio que la noción de dialéctica que usaré aquí está tomada de Platón, y no de Hegel. Nos ocuparemos del proceso por el que surgen los problemas en el contexto de presuposiciones aceptadas, se hacen sucesivos intentos para resolver estos problemas y, en algunos casos, se proponen cambios en una o más de las presuposiciones alterando de este modo el rango de las soluciones aceptables. Hay dos temas centrales hegelianos que no aparecerán en nuestra noción de dialéctica: que cada nueva propuesta es necesitada de algún modo por el desarrollo precedente, y que cada nueva propuesta está en «oposición» con las propuestas precedentes. Antes de intentar un análisis detallado de casos específicos de descubrimiento científico, será útil ilustrar nuestra noción de dialéctica considerando el intento inicial de definir «justicia» en la *República* de Platón.

La primera definición propuesta por Céfalo es «decir la verdad y devolver cualquier cosa que podamos haber recibido»^[14]. Sócrates critica esta propuesta indicando un caso que se ajusta a la definición sin ser un caso de conducta correcta: supongamos que un amigo me ha confiado en depósito un arma y después se ha vuelto loco. No sería correcto devolver el arma si se me pidiera que lo hiciese, y la definición propuesta es así inaceptable^[15]. Pero si Céfalo cree que su definición propuesta es adecuada, ¿por qué aceptaría el ejemplo de Sócrates como un contraejemplo? ¿Por qué no adherirse a su definición e insistir en que es justo devolver el arma? La decisión de Céfalo de abandonar su definición muestra que el intento de definir «justicia» tiene lugar en el contexto de un conjunto de presuposiciones que proporcionan un criterio para determinar qué constituye una respuesta aceptable. Los participantes pueden no ser capaces de enunciar estas presuposiciones, pero son capaces de reconocer instancias en las que han sido violadas, y la fuerza

de la objeción de Sócrates es indicar inconsistencias entre una solución propuesta y una presuposición aceptada.

Una vez que se ha aceptado una objeción hay dos modos de proceder: podemos ofrecer una nueva definición que estará más cerca de ser adecuada dadas las presuposiciones aceptadas, o podemos tratar de alterar esas presuposiciones. Ambas alternativas son pronto ilustradas en la *República*. La definición de Polemarco de la justicia como ayudar a los amigos de uno e injuriar a los enemigos de uno^[16] es ofrecida como una mejora de la definición de Céfalo y criticada por Sócrates sobre la base de que un hombre justo no injuriará a nadie y de que *qua* justo puede hacer poco para ayudar a sus amigos^[17]. Así, lejos de la presuposición que controla el diálogo está que la justicia tiene que ver con cómo tratemos a los demás, y el efecto de la propuesta de Trasímaco de que la justicia es el derecho del más fuerte^[18] es rechazar esta presuposición.

Hemos seguido lo bastante del argumento de Platón como para ilustrar algunos rasgos clave de la dialéctica. La lógica dialéctica se aplica a los intentos de responder a una cuestión, pero las cuestiones, como ya hemos visto, surgen sólo en el contexto de presuposiciones^[19]. En el contexto de un conjunto particular de presuposiciones son posibles varias respuestas a la cuestión; no hay ningún procedimiento efectivo para determinar qué respuesta debe proponerse en un momento dado, aunque la estructura detallada del argumento será a menudo altamente sugerente, y varias propuestas autoconsistentes serán eliminadas por las presuposiciones. (Ninguna comparación numérica de los tamaños relativos de los conjuntos permisibles y no permisibles es, en general, posible, ya que ambos conjuntos deben ser infinitos no-numerables). Así, en la *República*, no sólo la propuesta de Polemarco es un desarrollo ulterior de la línea de argumentación de Céfalo, sino que, dentro de los confines de las presuposiciones aceptadas por ellos, propuestas tales como que la justicia es evadir las deudas de uno o injuriar a los amigos de uno o el derecho del más fuerte no son aceptables.

En algún punto en el curso de un argumento, sin embargo, es también posible cuestionar una presuposición previamente aceptada y así tratar de orientar el argumento en una nueva dirección. Trasímaco hace esto, aunque entonces no hay una ruptura total en el desarrollo. Trasímaco no cambia el tema; rechaza una presuposición específica mientras acepta otras, por ejemplo, que una definición aceptable de «justicia» debe aplicarse a todos los casos, y el argumento continúa sobre este fundamento modificado. Donde no mantiene ninguna presuposición en común con los demás, el debate racional

devendría imposible; son las presuposiciones que comparten los protagonistas las que proporcionan la piedra de toque para el debate.

Quizá el rasgo más importante de la lógica dialéctica es que no trata de relaciones entre proposiciones aisladas o relativamente aisladas, sino del papel de proposiciones y cuestiones en tanto son partes de sistemas estructurados de presuposiciones y problemas. No proporciona un conjunto de reglas formales para analizar la relación entre enunciados, como lo hace la lógica deductiva, pero recordemos que la razón por la que las reglas formales son de central importancia para la lógica deductiva es que la deducción se ocupa sólo de relaciones formales, no de contenidos. Una lógica dialéctica, sin embargo, es una lógica de contenidos, no una lógica formal. Los esfuerzos para construir una lógica formal del descubrimiento son altamente implausibles (y, así, todos los intentos de construir una lógica del descubrimiento son implausibles para aquellos que identifican la lógica con la lógica formal) precisamente porque es imposible entender la estructura de la investigación científica sin entender su contenido en su marco histórico. Lo que el concepto de lógica dialéctica proporciona, entonces, es un instrumento para examinar la estructura de la investigación en términos del contexto histórico.

Otra diferencia crucial entre la lógica dialéctica y la lógica deductiva puede ser elucidada ahora. Una lógica deductiva ofrece sólo un instrumento para la reconstrucción racional de programas de investigación completos. El concepto de dialéctica, sin embargo, puede proporcionar un instrumento para analizar tanto las relaciones entre sucesivas teorías como el proceso actual de investigación, porque se ocupa del análisis del pensamiento científico en términos de los instrumentos intelectuales usados por el científico. Así podemos distinguir dos modos de mirar al desarrollo de la ciencia: el estudio del descubrimiento científico examina la investigación científica desde el punto de vista del investigador práctico; el estudio del desarrollo científico mira atrás en la historia de la ciencia y examina las relaciones entre teorías sucesivas. Ambas formas de análisis son necesarias para una adecuada comprensión de la ciencia.

DESCUBRIMIENTO CIENTÍFICO

Consideremos primero el caso del movimiento de los ápsides de la Luna en la mecánica newtoniana. Hemos visto que los problemas sólo surgen si la investigación es conducida en términos de una teoría, y el problema del

movimiento de la Luna es un ejemplo de un conflicto entre observación y teoría resultado del intento de explicarlo en términos newtonianos. En un momento dado en su ataque a este problema Clairaut consideró la modificación de la ley del inverso del cuadrado para leer « $1/r^2 + 1/r^4$ »^[20]. A primera vista esto podía parecer una ruptura fundamental con la teoría newtoniana, pero, tras reflexión, se ve que encaja dentro del marco de esa teoría. Clairaut está aún buscando una expresión matemática para una fuerza que permitirá la aplicación del resto de la teoría newtoniana al problema; alternativas lógicamente posibles tales como añadir un epiciclo están así excluidas. Además, la forma de la fórmula propuesta es claramente sugerida por el marco newtoniano. La fórmula de la fuerza de Newton dio resultados enteramente aceptables para las órbitas de los planetas; cualquier nueva fórmula tendría que dar resultados muy próximos a éstos. En el contexto newtoniano, el hecho más obvio que distingue a la Luna de los planetas es su proximidad a la Tierra. Esto hace eminentemente plausible (aunque en modo alguno necesario) buscar una fórmula que diferirá de la fórmula newtoniana para distancias relativamente pequeñas de un cuerpo gravitacional y «reducen» las fórmulas newtonianas para distancias mayores. Finalmente, Newton mismo había mostrado cómo construir fórmulas con las propiedades necesarias mediante su uso de una función de poder inversa, dando a Clairaut una buena razón para considerar la adición de otro término de poder inverso, cuya significatividad declinaría rápidamente con el incremento de la distancia. Clairaut pudo haber experimentado con poderes distintos de cuatro, quizá incluso con otros tipos de expresiones; pero podemos estar bastante seguros de que hay un número enorme de funciones de fuerza autoconsistentes, $F = 5/r^2$ o $F = 1/r^2 + r^2$, por ejemplo, que él no habría considerado nunca como alternativas posibles a la ley del inverso del cuadrado de Newton por la sencilla razón de que, dado el contexto en el que estaba trabajando y la información de la que disponía, no habría tenido sentido hacerlo. Clairaut abandonó finalmente esta hipótesis y encontró un modo de resolver el problema sin rechazar la ley del inverso del cuadrado, así que su fórmula no es un caso de descubrimiento científico. Pero incluso en el caso de esta hipótesis rechazada podemos ver cómo el marco de la investigación científica proporciona razones para sugerir algunas hipótesis y no considerar seriamente otras.

Aún en el contexto newtoniano, considérese el descubrimiento de Neptuno. De nuevo los científicos trataron de usar la teoría aceptada en un área en la que debe ser aplicada y encontrarse un conflicto entre teoría y

observación. De nuevo la respuesta fue ofrecer una hipótesis, completamente de acuerdo con la teoría aceptada: que hay otro planeta que ejerce una atracción gravitatoria que perturba la órbita de Urano^[21]. A partir de la verificación de esta hipótesis se anunció el descubrimiento de Neptuno. El problema del movimiento del perihelio de Mercurio surgió del mismo modo, y la hipótesis de la existencia de Vulcano emergió del mismo armazón teórico del que lo hizo la hipótesis de la existencia de Neptuno, así que la propuesta de Leverrier era razonable, aunque la existencia de Vulcano no fue nunca confirmada^[22].

Estos ejemplos ilustran nuestro enfoque del análisis del descubrimiento, pero no proporcionan una prueba de su adecuación. La prueba necesaria es su capacidad para clarificar la racionalidad de descubrimientos que conducen a revoluciones científicas fundamentales, y es a ejemplos de este tipo a los que nos volvemos ahora. Nuestro principal interés es demostrar que hay una base inteligible en la tradición existente incluso para las propuestas más revolucionarias, pero que esto en modo alguno desmerece de la originalidad del científico creativo. Veremos también que, mientras en algunos casos un descubrimiento fundamental involucra una hipótesis totalmente nueva, la introducción de una hipótesis nueva no es en modo alguno un rasgo necesario de una revolución científica.

Consideremos el desarrollo de Copérnico de una versión heliostática de la astronomía planetaria. Para empezar, debemos advertir que estaba trabajando en una situación de problema definido que describió en el prefacio a *De Revolutionibus*:

Primero; los matemáticos están tan inseguros de los movimientos del Sol y la Luna que no pueden ni siquiera explicar u observar la longitud constante del año estacional. Segundo, al determinar los movimientos de éstos y de los otros cinco planetas no usan ni los mismos principios e hipótesis ni las mismas demostraciones de los movimientos y revoluciones aparentes. Así, algunos usan sólo círculos homocéntricos, mientras otros usan excéntricas y epiciclos. Sin embargo, ni siquiera por estos medios alcanzan plenamente sus fines. Aquellos que han confiado en homocéntricas, aunque no han probado que algunos movimientos diferentes pueden estar compuestos de aquello, no han sido capaces de este modo de establecer totalmente un sistema que concuerde con los fenómenos. De nuevo, aquellos que han trazado sistemas excéntricos, aunque parecen haber casi establecido los movimientos aparentes mediante cálculos concordables con sus asunciones, han hecho, sin embargo, varias admisiones que parecen violar el primer principio de uniformidad en el movimiento. Tampoco han sido capaces, de este modo, de discernir o deducir lo principal, a saber, la forma del universo y la simetría variable de sus partes^[23].

Fue la tradición astronómica en la que Copérnico trabajaba la que le legó estos problemas, y, si bien rompió con esa tradición de un modo que llevó a su definitivo fallecimiento, era aún miembro de esa tradición aunque en sus

términos: además de tomar posesión de sus problemas, mantuvo el principio de que todos los cuerpos celestes se mueven en círculos e hizo un amplio uso de epiciclos y excéntricas. Él también tomó el centro de la órbita de la Tierra, no del Sol, como centro alrededor del cual se mueven los planetas.

Aunque Copérnico desarrolló un nuevo enfoque de la astronomía planetaria, no propuso nunca una hipótesis original nunca pensada antes. La hipótesis de que la Tierra se mueve había sido ampliamente discutida y rechazada a través de la historia de la astronomía antigua y medieval. Entre los antiguos, Heráclides había reconocido que los movimientos diurnos aparentes de los cielos de este a oeste podían ser el resultado del movimiento diurno de la Tierra de oeste a este, y Aristarco había postulado tanto un movimiento diario como anual de la Tierra^[24]. De modo similar, durante el siglo XIV Buridan y Oresme habían discutido la posibilidad de una rotación diurna de la Tierra, argumentando el último con gran detalle antes de rechazar finalmente la hipótesis^[25]. Pero el hecho de que Copérnico no inventara una nueva hipótesis en modo alguno desmerece de su genio y originalidad. Más bien es una confusión vincular la noción de originalidad con la invención de nuevas hipótesis. El *locus* del genio de Copérnico tiene que encontrarse en el hecho de que desarrolló la hipótesis heliostática en detalle aunque había sido previamente rechazada y parecía *prima facie* implausible. Recordaríamos el juicio de Galileo de que el «sublime intelecto» de Copérnico es celebrado porque «con la razón como guía continuó resueltamente afirmando lo que la experiencia sensible parecía contradecir»^[26].

Prácticamente lo mismo podía decirse con respecto al descubrimiento de Kepler de que la órbita de Marte es una elipse, con la importante excepción de que, como Hanson indica^[27], su decisión de abandonar las órbitas circulares fue una de las innovaciones más audaces jamás hechas, porque no parece haber ni un solo ejemplo en la historia previa de la astronomía en la que el principio de movimientos circulares de los cuerpos celestes haya sido cuestionado. Kepler, también, comenzó su estudio de la órbita marciana con la asunción de que es un círculo, y, cuando descubrió que no podía ajustar los datos de Tycho en una órbita circular, asumió primero que había algo erróneo en sus métodos de cálculo ^[28]. Sólo muy lentamente y de mala gana renunció al círculo. Su primera nueva hipótesis fue el ovoide, una figura que es circular en los ápsides y que, como el círculo, tiene sólo un único foco en el que podía localizarse el Sol. Que Kepler eligiera un ovoide, y que eligiera primero el ovoide (porque probó un cierto número de órbitas diferentes en el curso de su investigación), no es ni una consecuencia necesaria de su rechazo del círculo

ni una conjetura irracional; es un siguiente paso razonable que Kepler tenía que hacer en su búsqueda de una figura alternativa.

Debido a las dificultades matemáticas del ovoide, Kepler usó la elipse, una curva que no es ni siquiera parcialmente circular y que tiene dos focos, como una aproximación para simplificar los cálculos, y fue sólo después de repetidos fracasos con el ovoide cuando adoptó la elipse como una hipótesis física^[29]. De nuevo descubrimos que el pensador revolucionario empezó con un problema generado por una tradición de investigación existente, tomó su guía de esta tradición y se alejó de ella sólo con la mayor precaución y paso a paso. Sin embargo, el hecho de que un Copérnico o un Kepler trabajaran de este modo no les impidió contribuir a la total caída de esa tradición de investigación.

Volviendo a la historia más reciente, miremos el trasfondo de la teoría de la relatividad. Vimos en el capítulo previo que esta teoría constituyó un apartamiento fundamental de la física clásica, pero esto no es inconsistente con la afirmación de que la nueva propuesta de Einstein era inteligible en términos del contexto en que estaba trabajando y sus problemas. Einstein estaba tratando de resolver problemas generados por la física clásica, en particular la electrodinámica clásica. En la oración inicial de su primer escrito sobre la relatividad enuncia su punto de partida: «Es sabido que la electrodinámica de Maxwell —como se entiende usualmente en el presente— cuando se aplica a cuerpos en movimiento conduce a asimetrías que no parecen ser inherentes a los fenómenos». Después de dar un ejemplo de una asimetría semejante, añade:

Ejemplos de este tipo, junto con los intentos sin éxito de descubrir cualquier movimiento de la Tierra relativamente al «medio de la luz», sugieren que los fenómenos de la electrodinámica, *tanto como los de la mecánica*, no poseen ninguna propiedad correspondiente a la idea de reposo absoluto. Sugieren más bien, *como ya se ha mostrado para el primer orden de pequeñas cantidades*, que las mismas leyes de la electrodinámica y la óptica serán válidas para todos los sistemas de referencia porque las ecuaciones de la mecánica se mantienen bien^[30].

El desarrollo aquí también es similar al del diálogo platónico. Empezando desde una teoría existente, esto es, una respuesta a la cuestión, Einstein da razones por las que esta respuesta es inadecuada y propone una nueva solución, que puede ser bastante diferente de la que rechaza, pero toma su punto de partida de algunas de las ideas de la hipótesis rechazada. Justamente como no hay ninguna razón lógicamente necesaria por la que Einstein deba abandonar la teoría clásica en este punto más bien que aunar sus esfuerzos para hacerla funcionar, así no hay ninguna razón lógicamente necesaria por la

que deba buscar un nuevo enfoque del modo particular en que lo hace. Con todo, Einstein construye conscientemente su nueva teoría sobre su fundamento proporcionado por la física clásica que estaba derrocando. Verdaderamente, ninguno de los dos postulados de la teoría especial de la relatividad —que las leyes de la naturaleza son las mismas para todos los sistemas galileanos de referencia, y que la velocidad de la luz es independiente del movimiento de la fuente emisora— es un principio enteramente nuevo. El principio de relatividad es una generalización de principios aceptados (como Einstein indica en las partes en cursiva del pasaje de arriba), y la independencia de la velocidad de la luz de su fuente es una consecuencia de la teoría ondulatoria de la luz y de las ecuaciones de Maxwell.

Pero el hecho de que el único «nuevo» postulado de la teoría fuera una generalización de principios aceptados no entraña que la nueva teoría sea una generalización de la vieja teoría. Como en el caso de Copérnico, no son tanto las asunciones de Einstein tomadas individualmente las que son revolucionarias como el modo en que las dispone conjuntamente y su voluntad de aceptar las conclusiones que se seguían de ellas no importa cuán contraintuitivas pudieran parecer. Verdaderamente, desde el punto de vista de la mecánica clásica, los dos principios sobre los que Einstein fundamentó su teoría son mutuamente inconsistentes, aunque son consistentes en la nueva teoría por su alteración del concepto tradicional de tiempo^[31]. Quizá la única tesis más radicalmente nueva de la teoría era el análisis de la simultaneidad y el rechazo consecuente de la noción de que el tiempo es absoluto. Sin embargo, en ese caso había al menos otro físico, Larmor, que precedió a Einstein proponiendo la fórmula para la dilatación del tiempo de un cuerpo en movimiento^[32].

Finalmente, Einstein no era el único consciente de los problemas de la física clásica ni en considerar la posibilidad de un enfoque fundamentalmente nuevo. Poincaré quizá fue el que estuvo más cerca de precederle. En un escrito leído en 1897 en Zúrich (donde Einstein fue estudiante, aunque no se sabe que asistiese a la conferencia), Poincaré argumentó que «el espacio absoluto, el tiempo absoluto, incluso la geometría euclídea, no son condiciones impuestas a la mecánica; uno puede expresar los hechos que les conectan en términos de espacio no-euclídeo»^[33]. Y en 1904 sugirió: «Quizá construiríamos una mecánica total nueva, en la que sólo tendríamos éxito tomando un punto de vista en el que, incrementando la inercia con la velocidad, la velocidad de la luz llegaría a alcanzar un límite imposible»^[34].

Los demás eran conscientes de la posibilidad, y quizá incluso la deseabilidad de un nuevo punto de partida ulterior, lo que demuestra que había más en la innovación de Einstein que la propuesta arracional de una nueva hipótesis; su grandeza estriba en el hecho de que no ofrecía meramente una nueva hipótesis o sugería un nuevo enfoque, sino que más bien construía una nueva física. La desafortunada tendencia a atribuir un descubrimiento al pensador que primero enunció una nueva hipótesis, antes que al que colocó las piezas conjuntamente, reside aparentemente en la fuente de la notoria atribución por parte de Whittaker del desarrollo de la teoría de la relatividad a Lorentz y Poincaré, atribuyendo mientras a Einstein las nuevas fórmulas para la aberración y el efecto Doppler^[35]. Lo mismo puede decirse de la famosa batalla de Newton con Hooke sobre quién enunció primero la ley del inverso del cuadrado: aun cuando Hooke formulara primero la hipótesis, fue Newton quien desarrolló una nueva física.

CAMBIO CIENTÍFICO

Nuestra noción de dialéctica nos capacitará para resolver un problema central introducido en el último capítulo, la naturaleza de la relación entre teorías científicas sucesivas. Como hemos visto, nadie ha mantenido seriamente que las nuevas teorías se deducen de las antiguas, y el punto de vista de que las nuevas teorías son generalizaciones de las antiguas teorías no se mantendrá en pie. La afirmación de que las teorías antiguas de mayor éxito pueden deducirse de teorías posteriores como casos límite (un corolario de la tesis de la generalización) también fracasa. Las teorías revolucionarias entrañan diferentes presuposiciones fundamentales y conceptos y un modo diferente de mirar a la realidad del de las teorías que reemplazan. Pero, si éste es el caso, ¿cómo puede haber alguna relación lógica entre teorías sucesivas y, lo que es más importante, sobre qué fundamentos pueden compararse teorías sucesivas?

La clave de estas cuestiones radica en nuestra noción de cambio dialéctico. Un cambio dialéctico de una teoría a otra es una reorganización de los hilos del tejido teórico junto con la separación de algunos hilos y la adición de otros; esta reorganización da cuenta de los cambios en el significado de conceptos científicos y observaciones asociadas con una revolución científica, ya que tanto los conceptos como los datos de una teoría derivan su significado de su localización en el tejido teórico. Pero el cambio de teoría tiene lugar dentro de situaciones de problemas definidos, dentro de

las cuales los hilos conservados en la nueva teoría proporcionan la continuidad de desarrollo y los fundamentos para la comparación, incluso aunque estos cabos tomen diferentes significados en la nueva estructura teórica.

Gran parte de la discusión del cambio de teorías ha sido confundida por un fracaso en distinguir entre dos tesis diferentes: la tesis de que, si tenemos una base racional para elegir entre teorías rivales en un momento particular en la historia de la ciencia, debemos tener algún estándar al que apelar que es aceptado por los proponentes de ambas teorías, y la tesis de que, si el cambio científico tiene que ser racional, debe haber algún estándar eterno contra el que podamos comparar cualesquiera teorías. Los proponentes del último punto de vista han buscado su estándar eterno o en algún conjunto de principios generales independiente de cualquier teoría específica o en un conjunto de observaciones independientes de teorías o leyes; a veces un escritor apela a ambos tipos de criterios al mismo tiempo. Entre los principios supracientíficos que han sido usados en la filosofía tradicional de la ciencia están semejantes supuestos principios a priori como el principio de causalidad, o razón suficiente, o el de la uniformidad y simplicidad de la naturaleza. Más recientemente encontramos un cierto número de filósofos tratando de construir una lógica inductiva así como el intento de Popper de dictar un conjunto de reglas metodológicas a las que la ciencia debe conformarse. La principal fuerza de estos criterios sugeridos es que no tienen nada que ver con cualquier teoría particular y, por tanto, pueden servir como criterios por los que las teorías pueden ser evaluadas. De modo similar, los empiristas han mantenido que la capacidad de explicar el rango más amplio de observaciones posibles puede servir como estándar porque estas observaciones se considera que están libres de la influencia de cualquier teoría. Es en esta vena en la que Feigl, respondiendo a afirmaciones de que las observaciones científicas están cargadas de teoría por los instrumentos usados al hacerlas, sugiere que «es el dominio de lo elemental, antes que el de leyes empíricas directamente contrastables (en lugar de “lo dado”, tienen que concebirse como datos sensoriales o como *Gestalten* perceptuales) el que es la base de la contrastación a la que nos referíamos en la reconstrucción racional de la evidencia confirmatoria o disconfirmatoria para teorías científicas»^[36].

Sin embargo, como hemos visto, la apelación a observaciones y leyes empíricas no puede hacerse independientemente de la teoría; incluso principios tales como el de la causación universal son partes integrales de las teorías científicas que pueden cuestionarse como resultado de posteriores

desarrollos científicos, y, mientras reglas metodológicas tales como una lógica inductiva son en verdad independientes de cualquier teoría científica, son parte de interpretaciones filosóficas particulares de la ciencia y, así, no más capaces de proporcionar estándares eternos que un postulado científico específico. La elección entre teorías científicas no tiene lugar apelando a estándares eternos, establecidos por filósofos, sino más bien por apelación a estándares científicos que son proporcionados por las teorías involucradas. Con vistas a desarrollar este punto debemos volver, de nuevo, al examen de casos específicos de cambio científico en sus circunstancias históricas.

Reconsideremos la introducción de Einstein de la teoría de la relatividad. Puesto que la mayor parte de los estudiantes de física estudian la relatividad después de la teoría newtoniana, es común en los libros de texto desarrollar la teoría de la relatividad en términos de partículas cinemáticas y dinámicas y sólo más tarde introducir su significado para la electrodinámica, frecuentemente casi como una posdata. La física de partículas y la cosmología que, desde un punto de vista newtoniano, es construida sobre la base de la dinámica de partículas son campos en los que las radicales diferencias entre la teoría de la relatividad y la física clásica son más dramáticamente patentes y en torno a los cuales el reciente debate filosófico se ha centrado. Pero se olvida a menudo que el impulso inicial para el desarrollo de Einstein de su teoría reside en problemas planteados por la electrodinámica: el título del primer escrito de la relatividad es «Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento», y comienza: «Es sabido que la electrodinámica de Maxwell — como se entiende usualmente en el presente— cuando se aplica a cuerpos en movimiento conduce a asimetrías que no parecen ser inherentes a los fenómenos»^[37].

El escrito está dividido en una introducción, en la que Einstein formula los dos principios de la teoría, y dos partes principales. La primera parte trata de la cinemática: aquí Einstein desarrolla su análisis de la simultaneidad deduce la relatividad de longitud y tiempo, las transformaciones de Lorentz y la regla para la composición de velocidades. Pero la parte I es sólo un preliminar de la parte electrodinámica; en ningún lugar de la parte I se aplica la nueva cinemática a las partículas materiales. Esta aplicación se hace sólo hacia el final de la parte II y únicamente porque las partículas en general pueden tomarse como electrones. Así, habiendo deducido la fórmula para el efecto de velocidad en la masa para partículas cargadas, Einstein añade: «Observamos que estos resultados como para la masa son también válidos para puntos materiales ponderables, porque un punto material ponderable puede ser

convertido en un electrón (en nuestro sentido de la palabra) por la adición de una carga eléctrica, no importa lo pequeña que sea^[38]». Asimismo, después de deducir la expresión para la energía cinética de un electrón en movimiento, escribe: «Esta expresión para la energía cinética debe también, en virtud del argumento enunciado arriba, aplicarse a masas ponderables»^[39]. Pero las ecuaciones de Maxwell para la electrodinámica no fueron reemplazadas por nuevas ecuaciones como lo fueron las ecuaciones de la mecánica newtoniana. Más bien, las «asimetrías» en la teoría electrodinámica fueron removidas, el molesto éter fue eliminado, y se mostró que las ecuaciones de Maxwell eran invariantes con respecto a sistemas de referencia galileanos.

En una gran medida, entonces, el proyecto de Einstein puede ser visto como un intento de salvar la electrodinámica. Aunque las ecuaciones de Maxwell toman un nuevo significado en el contexto de la nueva teoría (ya no describen más ondas propagadas en el éter, por ejemplo), las propias ecuaciones de Maxwell proporcionan uno de los estándares, aceptable tanto para la física relativista como para la clásica, en base al cual pueden compararse. Este no es un estándar eterno o libre de teoría, por ejemplo, uno al que pudiera apelarse en la disputa entre la mecánica aristotélica y la galileana. Más bien es un estándar interno de la física que sirve como un punto de mediación en esta disputa.

Sin tratar de ser exhaustivo, consideremos un estándar más crucial que ambas teorías aceptaban: la demanda de predicciones numéricas precisas. Una prueba clave que la relatividad tenía que pasar era su capacidad de proporcionar predicciones numéricas que son esencialmente las mismas que las de la física newtoniana para cuerpos que se mueven lentamente y más exactas para cuerpos de velocidad próxima a la de la luz. Hemos visto^[40] que la capacidad de dos teorías para predecir los mismos valores para parámetros cuantitativos es consistente con la posesión de diferente contenido conceptual; dos puntos relacionados pueden exponerse ahora. El primero es que, porque ambas teorías aceptaban el estándar de predicciones cuantitativas exactas así como varios de los procedimientos observacionales acostumbrados, era posible usar resultados cuantitativos obtenidos por observación para contrastar las dos teorías incluso aunque estos resultados tienen diferentes significados en cada contexto. El segundo es que el estándar de exactitud cuantitativa no es en modo alguno un rasgo universal de la historia de la ciencia. Galileo, por ejemplo, no podía invocarlo sin extenderse en un argumento previo, ya que la verdadera relevancia de las matemáticas para los problemas físicos era uno de los puntos que estaba disputando con los

aristotélicos^[40]. La única área de investigación que ya era plenamente cuantitativa en tiempos de Galileo era la astronomía matemática, pero era considerada solamente como un sistema de artificios para el cálculo, no como una ciencia. La astronomía física, esto es, la imagen aristotélica de los cuerpos celestes sostenidos por esferas transparentes, se reconocía generalmente que era inconsistente con los epiciclos usados para calcular las posiciones de los planetas, y es la teoría aristotélica no-cuantitativa la que se consideraba que era la teoría científica. De modo similar, los intentos medievales de explicar el movimiento de un proyectil eran puramente cualitativos, y aquí también Galileo luchó para introducir consideraciones cuantitativas^[41]. De nuevo encontramos que el enunciado contemporáneo de la física proporciona criterios para decidir entre dos teorías fundamentales en competencia, aunque no son criterios universales aceptados independientemente de la historia de la ciencia.

Para poner otro ejemplo consideremos además el debate entre Galileo y los aristotélicos. De nuevo dos teorías radicalmente diferentes que proporcionan imágenes completamente diferentes de la naturaleza del mundo físico están siendo debatidas. Cuando examinamos la disputa encontramos que al menos algunos de los fenómenos mutuamente aceptables a los que los protagonistas de ambos lados apelaban parecen ser del tipo de las «leyes empíricas elementales, más bien que directamente contrastables» de Feigl. Por tomar uno de los más importantes casos, Galileo y sus oponentes aristotélicos reconocían que una piedra soltada de una torre alta cae «directamente», esto es, paralela a la torre, y estaban de acuerdo en que una física adecuada debe dar cuenta de esta ley. Pero no podemos ver tales leyes como pedazos de conocimiento que son independientes de cualquier teoría física. El fenómeno observado en cuestión tenía un significado completamente diferente en el contexto de la dinámica aristotélica y galileana. Para un aristotélico, la «caída directa» de una piedra era una instancia de un cuerpo volviendo a su «lugar natural», definido como una posición particular del espacio, y el movimiento real del cuerpo (concepto de fundamental importancia tanto para los galileanos como para los aristotélicos, aunque carente de significado en el contexto de la teoría de la relatividad) es un movimiento acelerado en línea recta. Para Galileo, la «caída directa» era sólo uno de los movimientos del cuerpo, siendo el segundo el movimiento inercial circular de la Tierra que comparten la piedra y la torre; el movimiento real de la piedra está compuesto de estos dos movimientos, y no es ni directo ni acelerado. Más bien es un movimiento circular uniforme del «lugar natural»

de la piedra, donde esta noción es ahora definida por referencia a un cuerpo material particular, la Tierra. Además, el movimiento tiene lugar dentro de un semicírculo que tiene el extremo de la torre y el centro de la Tierra como extremos de su diámetro^[43]. Así hay una clase de eventos observados que ambas teorías, cada una por sus propias razones, reconocen que tienen que ser explicados; y estas observaciones mutuamente aceptables sirven como puntos de comparación entre ellas aunque son instancias de leyes muy diferentes en el contexto de diferentes teorías.

Tampoco podemos retrotraernos a observaciones independientemente de las leyes que instancian para encontrar alguna base permanente contra la cual pueden contrastarse todas las teorías, porque las teorías determinan qué tipos de observaciones son relevantes, y esto también cambia como cambian las teorías. Por ejemplo, uno de los argumentos estándar en contra de la rotación diurna de la Tierra, argumento usado por Tycho Brahe entre otros, era que, si la Tierra rota de oeste a este, debería haber un viento continuo de este a oeste. La ausencia observada de un viento semejante fue tomada como un contraejemplo de la significada rotación. Galileo aceptaba esto como relevante y trató de volverlo en un argumento en favor del movimiento de la Tierra. Argumentó que el aire no participa en el movimiento circular de la Tierra porque no es un cuerpo terrestre. Galileo parece aceptar aquí una forma de la teoría aristotélica de las clases naturales que tienen diferentes propiedades físicas, así que ni el movimiento circular natural ni el movimiento inercial circular que Galileo atribuye a la Tierra pueden invocarse para explicar por qué se mueve el aire junto con la Tierra. Más bien Galileo argumenta que el aire es arrastrado con la Tierra sólo porque está mezclado con «vapores terrestres»^[44] que comparten las propiedades de la Tierra. Donde no hay aspereza y una menor cantidad de vapores terrestres, por ejemplo sobre anchos cuerpos de agua, argumenta Galileo, encontraríamos una brisa continua de este a oeste que es más fuerte en el ecuador, donde la rotación es más rápida. Esta conclusión a partir de la teoría copernicana, continúa, es confirmada por la experiencia:

Porque dentro de la zona tórrida (esto es, entre los trópicos), en los mares abiertos, en aquellas partes de ellos alejados de la tierra, exactamente donde los vapores terrestres están ausentes, se siente una brisa perpetua moviéndose del este con un tenor tan constante que, gracias a esto, los barcos prosperan en sus viajes a las Indias Occidentales. De modo similar, partiendo de la costa de México surcan las olas del Océano Pacífico con la misma facilidad hacia las Indias Orientales que están situadas al este respecto de nosotros, pero al oeste de ellos^[45].

De modo similar, Galileo consideró que su teoría de las mareas era su argumento más fuerte en favor del movimiento de la Tierra. El agua, también, es un elemento distinto que no participa del movimiento natural de la Tierra, sino que es más bien, «por su fluidez, libre y separado y una ley dentro de sí misma»^[46]. Porque las mareas son el resultado del movimiento independiente del agua relativo a los movimientos diario y anual de la Tierra combinados. En la situación de problemas de Galileo, su uso de los vientos oceánicos como evidencia para el movimiento de la Tierra estaba diseñado para volver las tornas contra sus oponentes, y su explicación de las mareas le parecía un nuevo argumento poderoso. (Originalmente, Galileo pensó titular el libro *Diálogo sobre las mareas*, mas fue forzado por los censores a abandonar ese título.) Pero mientras estas dos clases de fenómenos, las mareas y los vientos oceánicos, aún existen, para el post-newtoniano son irrelevantes para la cuestión del movimiento de la Tierra. Así, encontramos de nuevo que en una disputa entre dos teorías físicas radicalmente diferentes hay una serie de fenómenos específicos que los proponentes de ambas teorías aceptan como relevantes y que pueden servir como bases para el debate racional. Pero qué fenómenos son aceptados y qué criterios son aplicados al evaluar las teorías son determinados en la específica situación de problema, no por consideraciones a priori válidas universalmente^[47].

Volviendo a mirar estos dos ejemplos, podemos ver que no sólo es el proceso de descubrimiento dialéctico, sino que la relación entre una teoría más antigua y la que la reemplaza es también dialéctica. La nueva teoría es un continuo con la más antigua, porque crece con los fracasos de la teoría más antigua para resolver sus propios problemas y dar cuenta del rango completo de fenómenos que esta última selecciona como relevantes, y toma posesión de varias de las observaciones, técnicas y principios de la teoría más antigua mientras cambia su significado. Nada podía ser más confundiente que tratar de elucidar la naturaleza del cambio científico comparando la física aristotélica con la mecánica clásica totalmente desarrollada o incluso con los *Principia* de Newton, porque hubo varias etapas y varios pensadores que llevaron de la física de, digamos, 1600, a Newton, y hay bastante poco que incluso Galileo y Newton tengan en común. Cuando examinamos una disputa como la de Galileo y los aristotélicos en su propio contexto histórico, encontramos que Galileo introdujo innovaciones radicales como el concepto de inercia y la ley de que la velocidad de un cuerpo que cae es proporcional al tiempo de caída y no a la distancia. Pero debemos recordar que también retuvo nociones realmente aristotélicas de lugar natural y de los elementos y

que, mientras atacó la distinción tradicional entre la física de los cielos y la física de la Tierra, lo hizo así para extender el movimiento circular natural de los cielos a la Tierra, y estaba tan lejos de dudar de que los movimientos de los cuerpos celestes son circulares que simplemente ignoró las elipses de Kepler.

No obstante, mientras retenía varias tesis de la física tradicional, montaba una nueva estructura que incluía ambas tesis nuevas y una nueva organización de los puntos de vista más antiguos. Brevemente, la física de Galileo era tanto continua con la física aristotélica como radicalmente diferente de ella.

CAPÍTULO X

HACIA UNA NUEVA EPISTEMOLOGÍA

Se ha sostenido que tanto la ciencia como la filosofía de la ciencia constan de proyectos de investigación estructurados por algún conjunto de presuposiciones: presuposiciones sobre la naturaleza de un aspecto de la realidad en el caso de la investigación científica, y presuposiciones sobre la naturaleza del conocimiento en el caso de la filosofía de la ciencia. En la parte I examinamos la teoría del conocimiento en que se basa el empirismo lógico. Ahora es el momento de formular los rasgos principales de la teoría del conocimiento alternativa implícita en la nueva filosofía de la ciencia.

RACIONALIDAD

La distinción entre conocimiento y creencia ha sido central en la mayor parte del trabajo tradicional sobre teoría del conocimiento; se ha supuesto siempre que las creencias pueden ser tanto verdaderas como falsas, mientras que el conocimiento sólo puede ser verdadero. Si pretendo saber que una proposición es verdadera, por ejemplo, y la evidencia posterior muestra que la proposición es falsa, no concluiríamos de ello que yo tenía un conocimiento falso, sino que no tenía ningún conocimiento en absoluto. Así, el conocer es, por definición, infalible. Una gran parte de la historia de la filosofía se compone de las tentativas de mostrar cómo puede alcanzarse el conocimiento. La suposición de que la infalibilidad es una característica definidora del conocimiento hace que Platón, en el *Teeteto*, pueda plantear la cuestión «¿Qué es el conocimiento?» sin preguntarse nunca si el conocimiento es infalible, sino usando más bien la infalibilidad como uno de los criterios por los que se juzgan las respuestas propuestas a su pregunta^[1]. El papel central jugado en filosofía por la búsqueda de la infalibilidad está ilustrado asimismo por la búsqueda persistente de algún fundamento indubitable sobre el que construir el edificio del conocimiento, y por la facilidad con que un escritor

como Hume puede engendrar una posición escéptica señalando, simplemente, que ninguna proposición acerca de hechos se conoce como necesariamente verdadera, puesto que su negación no es contradictoria. Así, la doctrina de que el conocimiento debe ser infalible ha sido una presuposición fundamental para los filósofos en el mismo sentido en que los principios centrales de la teoría ptolemaica o newtoniana, por ejemplo, han sido presuposiciones fundamentales en la astronomía. Este principio ha establecido el problema principal de la epistemología: la búsqueda de conocimiento indubitable; y ha proporcionado un criterio para una solución adecuada de ese problema: hemos conseguido conocimiento sólo cuando tenemos un conjunto de proposiciones indubitables.

En general, la búsqueda de la infalibilidad puede dividirse en dos subproblemas: la búsqueda de un punto de partida indubitable, y la búsqueda de medios indubitables de razonamiento a partir de un conjunto de premisas. Ambos han sido centrales en el empirismo lógico. Hemos examinado el intento por parte de los empiristas lógicos de tomar los datos percibidos como el fundamento del conocimiento en nuestras exposiciones del problema de los términos teóricos^[2] y de la relación entre percepción y teoría^[3]. Ahora debemos considerar el *status* de los procedimientos de razonamiento infalibles.

Desde un importante punto de vista, uno de los principales objetivos de la filosofía de la ciencia tradicional ha consistido en dispensar al científico del proceso de tomar decisiones y sustituirlo por un conjunto de algoritmos. Como en cualquier otro campo, el objetivo consiste en aproximarse a la infalibilidad mediante la eliminación del juicio humano. Pues el juicio humano es notoriamente falible, mientras que algunos de los más importantes logros en la historia del pensamiento ha sido el descubrimiento de algoritmos. Sólo porque hacemos aritmética, por ejemplo, mediante la aplicación de reglas estrictas y carentes de ambigüedad, podemos tener confianza en nuestros resultados; si tuviéramos que confiar en el juicio de algún ser humano, antes que en un conjunto de reglas para las soluciones de largas divisiones, la división larga sería un proceso muy inseguro. Este ideal controló las primeras ideas del positivismo lógico sobre la verificación de teorías, recibiendo su expresión más extrema en el intento de Wittgenstein de reducir todas las proposiciones a funciones de verdad de proposiciones atómicas. Si el objetivo de Wittgenstein hubiera sido asequible, la cuestión de si una teoría científica es verdadera podría decidirse de la misma forma en que determinamos la suma de una columna de números. Este programa ha

sido, como hemos visto, abandonado y sustituido, entre los empiristas lógicos, por la búsqueda de una lógica inductiva basada en la teoría de la probabilidad. El proyecto consiste, una vez más, en encontrar un algoritmo sobre cuya base podamos evaluar las teorías científicas, suponiendo que, incluso aunque no podamos probar la verdad final de una hipótesis, podemos producir un conjunto de reglas que nos permitan determinar el grado en que ha sido confirmada ésta por los elementos de juicio disponibles.

El mismo ideal controla el punto de vista falsacionista del procedimiento científico. Popper, al advertir que ningún procedimiento finito puede probar la verdad de una teoría científica, observó que el principio lógico *modus tollens* proporciona: un algoritmo que, dadas las expresiones básicas apropiadas, podría probar la falsedad de una teoría. Como señala Kuhn, Popper ha «buscado consistentemente, a pesar de las explícitas afirmaciones en contra de algunos autores, procedimientos de evaluación que puedan aplicarse a las teorías con la seguridad apodíctica característica de las técnicas mediante las cuales identificamos los errores en aritmética, lógica o medida^[4]». De hecho, hemos visto que Popper considera todo el reino del descubrimiento científico, que reconoce que no se puede reducir a un conjunto de algoritmos, irracional^[5].

Ahora bien, lo que sugieren los casos históricos que hemos señalado es que no hay ninguna relación simple y clara entre los resultados del experimento o la observación y las teorías científicas. Incluso en el ejemplo más simple y patente, el caso de un resultado observacional que contradice una teoría, el científico práctico no se ve forzado a rechazar automáticamente parte de su teoría. Ninguna de las observaciones, por ejemplo, que parecían mostrar que los planetas no se mueven en órbitas circulares alrededor de la Tierra fueron suficientes por sí mismas para refutar el principio de que todos los movimientos celestes son circulares. Fueron, más bien, fuente de problemas de investigación, fenómenos a explicar mediante la teoría. Asimismo, la ausencia de paralaje estelar, que fue considerada como un claro contraejemplo de la hipótesis del movimiento terrestre por los contemporáneos de Aristarco y de Copérnico, e incluso por una figura tan importante en el desarrollo de la moderna astronomía como Tycho Brahe, fue considerada por Copérnico y Galileo como prueba de que la distancia a las estrellas es mucho mayor de lo que se había supuesto, y como un problema de investigación por astrónomos posteriores. Igualmente, el uso, por parte de Leverrier y Adams, del contraejemplo aparente de la órbita de Urano para predecir la existencia de Neptuno supuso un gran triunfo para la teoría

newtoniana, mientras que las perturbaciones de la órbita de Mercurio se convirtieron en un eminente contraejemplo que contribuyó a la consiguiente caída de la teoría newtoniana. La decisión de cómo ha de tratarse una discrepancia entre teoría y observación requiere un juicio por parte de los científicos. No se puede tomar la decisión por ellos mediante la simple aplicación de un algoritmo, y, como la historia de la ciencia muestra oportunamente, el procedimiento de decisión es falible.

Esta, creo, es la tendencia de algunas de las afirmaciones más ampliamente atacadas de Kuhn; por ejemplo, la de que tales cuestiones «nunca pueden ser establecidas sólo mediante la lógica y el experimento^[6]» y la de que «la rivalidad entre paradigmas no es el tipo de batalla que pueda resolverse mediante pruebas^[7]». Tales expresiones han llevado a muchos filósofos a acusar a Kuhn de irracionalismo, cargo que Kuhn rechaza, respondiendo que es el concepto de racionalidad de sus oponentes el que está descaminado. Enfrentados a un desacuerdo de este tipo, deberíamos sospechar al momento que nos las habernos con una disputa suscitada por diferentes conjuntos de presuposiciones, que implican en cada caso conceptos de racionalidad diferentes. Debemos, pues, examinar estos conceptos rivales de racionalidad.

El intento, por parte de los empiristas lógicos, de identificar racionalidad con computabilidad algorítmica es algo extraño, pues considera racionales sólo aquellos actos humanos que podrían en principio llevarse a cabo sin la presencia de un ser humano. Pero no hay ningún fundamento para tal identificación, puesto que es posible actuar irracionalmente y seguir al mismo tiempo un algoritmo. Dado cualquier conjunto de premisas, es posible deducir, mediante la aplicación mecánica de la lógica deductiva, un número infinito de conclusiones. Esto podría llevarse a cabo, desde luego, mediante la sola adición continuada de disyuntos. Sin embargo, un científico que tratase de deducir de esta forma las consecuencias posibles de una hipótesis estaría actuando de manera irracional, incluso aunque no violase ninguna ley de la lógica deductiva y toda conclusión a la que llegase se siguiera necesariamente de sus premisas. ¿En qué consiste la irracionalidad de este enfoque? Consiste en que no tiene en cuenta la información disponible que no puede aplicarse al problema mediante ningún algoritmo conocido, sino que proporciona buena base para creer que la adición de disyuntos no es una manera fructífera de desarrollar hipótesis. Hay muchas direcciones diferentes en que puede avanzar el científico al tratar de deducir consecuencias probables a partir de su hipótesis, cada una de las cuales puede estar estrictamente de acuerdo con

un conjunto de algoritmos, pero no se dispone de ningún algoritmo para determinar qué línea seguir. Se necesita un juicio informado y es a la hora de hacer tales juicios cuando debemos confiar en la razón. En tanto que se puedan llevar a cabo las decisiones por medio de algoritmos, la intervención humana deja de ser necesaria; precisamente cuando no disponemos de ningún procedimiento efectivo que nos guíe debemos apelar a un juicio humano racional e informado. Esto sugiere, a su vez, otra razón de por qué es importante el desarrollo de algoritmos: cuando establecemos uno para ocuparnos de un problema no es necesario que dediquemos nunca más ningún pensamiento humano a ese problema y nuestros esfuerzos y razón quedan libres para trabajar en otras direcciones. El caso en que debemos confiar en el juicio humano es el que yo propongo tomar como el paradigma de una situación en que se necesita la razón.

Esta sugerencia parecerá singular a muchos filósofos contemporáneos, pero no es nueva. Es central en la noción del hombre de sabiduría práctica de Aristóteles, y una comparación con esa idea ayudará a aclarar el modelo de racionalidad que estoy proponiendo. Para Aristóteles, la ética, estrictamente hablando, no es una ciencia. La ciencia es la demostración deductiva de verdades necesarias a partir de premisas que son ellas mismas necesariamente verdaderas y que se sabe que son verdaderas. Pero la ética se ocupa del comportamiento humano, y, debido a la complejidad del comportamiento humano, no hay primeros principios sobre cuya base construir una ciencia. Las decisiones éticas requieren deliberación, la capacidad de sopesar información y adoptar decisiones en casos en que no hay el conocimiento necesario. No deliberamos, señala Aristóteles, acerca de «la inconmensurabilidad entre la diagonal y el lado del cuadrado^[8]» puesto que tenemos una demostración de que éste es necesariamente el caso. De manera similar, tampoco deliberamos acerca de cómo resolver el problema de una larga división, sino que simplemente aplicamos el algoritmo apropiado. Pero cuando carecemos del conocimiento necesario, como en el caso del comportamiento humano, una decisión inteligente sobre cómo actuar requiere la deliberación por parte de alguien que tenga suficiente experiencia de la acción humana como para deliberar bien. La conclusión no es infalible y no hay ninguna garantía de que toda persona adecuadamente informada que delibera sobre un asunto alcanzará la misma decisión; pero esto no hace que la decisión sea arbitraria o irracional, y el hecho de que personas igualmente calificadas puedan estar en desacuerdo no implica que todo el mundo esté cualificado para mantener una opinión. Sólo aquellos que hayan logrado

sabiduría práctica, que hayan tenido suficiente experiencia para comprender el comportamiento humano y hayan desarrollado su capacidad de deliberación estarán cualificados para adoptar decisiones éticas^[9]. Mi propuesta es, pues, tomar al hombre de sabiduría práctica como un modelo del que adopta decisiones científicas cruciales que no pueden ser tomadas apelando a un algoritmo, y propongo la adopción de estas decisiones como un modelo de pensamiento racional. Es el científico entrenado quien debe adoptar estas decisiones, y son los científicos, no las reglas que ellos manejan, los que proporcionan el *locus* de la racionalidad científica.

Otro concepto tomado de la ética de Aristóteles, el de equidad, servirá de ayuda para aclarar aún más nuestro modelo de racionalidad. Aristóteles da la siguiente caracterización de equidad: «Una corrección de la ley donde ésta es defectuosa debido a su universalidad^[10]». El problema de que se está ocupando aquí Aristóteles es el de que a veces nos encontramos con una situación que cae bajo leyes existentes, de manera que la justicia exige que actuemos de acuerdo con la ley, pero en la que parece injusto aplicar la ley al pie de la letra. Esto puede ocurrir debido a que en la formulación de leyes universales es imposible prever y tener en cuenta cada circunstancia. El hombre de sabiduría práctica debe ser capaz de reconocer esto y de corregir la ley universal de acuerdo con las exigencias de una situación particular.

En el caso científico se da una característica análoga. Supongamos, por ejemplo, que adoptamos una metodología que nos exige rechazar cualquier teoría inconsistente con una hipótesis falsadora bien confirmada, y consideremos la postulación de Urano o del neutrino a la luz de este enfoque. Podemos ahora considerar a Leverrier y Adams o a Pauli y Fermi como científicos que aplicaron la regla general al caso particular y que juzgaron que, aunque la regla era apropiada, el caso en cuestión requería una consideración especial y, por tanto, la regla no fue aplicada.

La capacidad para decidir cómo debería tratarse un caso excepcional es la característica de la racionalidad. El hecho de que la lógica y el experimento por sí solos no puedan decidir la suerte de las teorías sólo implica que estas decisiones sean irracionales. Implica que requieren juicios en los que se tengan en cuenta los resultados de la lógica y el experimento junto con todo lo que el científico sabe acerca del estado real de su disciplina. Los resultados de la lógica y el experimento deben ser ellos mismos evaluados. La tarea del científico capacitado consiste en llevar a cabo esta evaluación, y tales evaluaciones suministran casos paradigmáticos de racionalidad.

Asimismo, en vez de afirmar que el proceso del descubrimiento científico es irracional, deberíamos considerar al científico que busca activamente la solución de un problema como otro caso paradigmático de pensamiento racional. Un matemático, por ejemplo, que trata de probar un teorema propuesto está, según nuestro modelo, comprometido en una actividad racional, mientras que un matemático que simplemente comprueba si una prueba propuesta ha sido construida válidamente tiene poca necesidad de razón. La noción de que no hay base racional alguna para el descubrimiento es plausible sólo si identificamos el descubrimiento de una nueva hipótesis con su aparición en la mente del científico *ex nihilo*, pero hemos visto que esto no es correcto. Newton, Einstein, Bohr, Schrödinger estaban todos ellos esforzándose por resolver problemas definidos dentro de un contexto intelectual definido. Incluso los así llamados descubrimientos accidentales, como el descubrimiento por parte de Roentgen de los rayos X o el descubrimiento de la penicilina por parte de Fleming, apoyan esta tesis. No hay nada racional, seguramente, en la aparición accidental de un moho en el caldo de cultivo de una placa fotográfica en descomposición, pero se necesita un pensamiento racional del tipo más elevado para reconocer que el hecho en cuestión puede ser significativo y perseguir sus implicaciones.

Mientras que el hombre de sabiduría práctica aristotélico ofrece un modelo de racionalidad individual, la adopción de una decisión científica es más compleja. Una característica central de nuestro nuevo modelo de racionalidad consiste en que éste reconoce que diferentes pensadores pueden analizar la misma situación problemática y llegar a conclusiones contrarias sin que ninguno de ellos sea irracional. Pero el hecho de que se llegue a una teoría racionalmente no es suficiente para hacer de ella una parte del cuerpo de la ciencia; esto requiere una decisión no individual, sino colectiva. Ninguna tesis pasa a formar parte del cuerpo del conocimiento científico a menos que haya sido presentada ante y aceptada por la comunidad de científicos que compone la disciplina pertinente. Kuhn ha proporcionado una descripción particularmente clara de este proceso:

Tomemos un *grupo* de las personas disponibles más capacitadas y motivadas de la manera más apropiada; entrenémosle en alguna ciencia y en las especialidades pertinentes para la elección que esté en la mano; infundámosle el sistema de valores, la ideología, corriente en su disciplina (y en gran medida también en otros campos científicos), y, finalmente, *dejémosle hacer la elección*^[11].

Es el consenso entre los que trabajan en una disciplina lo que determina qué constituye conocimiento en esa disciplina, pero el grupo puede descubrir más tarde que se equivocó. El grupo no es más infalible que el individuo (pero esto no significa que sea tan falible como el individuo).

El modelo del hombre de sabiduría práctica es tan aplicable a las decisiones del grupo como a las del individuo: son juicios hechos sobre la base de la información y la experiencia, pero sin la ventaja de verdades necesarias o procedimientos algorítmicos que puedan garantizar la inmunidad de una decisión a ser derrocada por una futura investigación. Los científicos pueden duplicar los experimentos y comprobar los cálculos e interpretaciones y, por tanto, eliminar en gran parte al charlatán y al incompetente, así como los errores simples y sutiles. Esto no garantiza que la comunidad no cometerá errores; a menudo lo ha hecho. Pero la comunidad científica ha sido notablemente autocorrectora. El propio hecho de que podamos registrar ejemplos de errores de grupo, como la admisión de la astronomía geocéntrica y la teoría de la combustión del flogisto, o el rechazo del mesmerismo o del desplazamiento continental, prueba esta capacidad de autocorrección. Se podría argüir, en términos cartesianos, que, dados los ejemplos en que la ciencia se ha equivocado, nunca podemos tener la certeza de que la ciencia tenga razón. Pero el objetivo de Descartes, la construcción de un sistema de conocimiento indubitable, ha sido rechazado aquí, y sólo en caso de que aceptáramos ese objetivo tendría alguna fuerza el argumento cartesiano. Si usamos el término «verdad» en el sentido tradicional, la reflexión sobre la historia de la ciencia, especialmente de su historia reciente, proporciona una buena razón para esperar que las últimas teorías científicas resulten ser falsas, esto es, que sean rechazadas en el futuro. Esto sugiere que debemos reconsiderar el concepto de verdad y el concepto conexo de conocimiento, al menos tal como se aplican a la ciencia.

CONOCIMIENTO CIENTÍFICO Y VERDAD CIENTÍFICA

Conocimiento y verdad son conceptos epistemológicos, conceptos que aparecen en una teoría del conocimiento. Si, como hemos argumentado, hay un estrecho paralelo entre la estructura de las teorías científicas y la de las teorías filosóficas, cabría esperar que, en el proceso del rechazo de una epistemología más antigua y la construcción de una nueva, algunos de los conceptos capitales cambiasen tal como ocurre en el caso de las teorías científicas^[12]. Comenzando con el conocimiento, conservaremos un rasgo

central del concepto tradicional considerándolo como el estado cognitivo superior, pero debemos reconsiderar lo que cuenta como conocimiento científico a la luz de nuestro análisis de la ciencia.

Sin ninguna base para mantener que alguna de las reivindicaciones científicas sea infalible, debemos o bien negar que exista tal cosa como un conocimiento científico, o bien liberar a este concepto del concepto de infalibilidad. Ahora bien, el conocimiento científico en cualquier período se compone de varios elementos: las teorías fundamentales que guían la investigación y, con ellas, el cuerpo de leyes, las constantes fundamentales y las observaciones que sean de particular relevancia a la luz de la teoría directriz. Pero para que una afirmación pase a formar parte del conocimiento científico no es suficiente con que pase pruebas formales, pues es corriente que una afirmación pase las pruebas adoptadas y sea todavía ignorada debido a que no se juzga que tenga relevancia alguna. *No funcionará*, pues, como conocimiento científico. Una constante universal propuesta, por ejemplo, no será utilizada en los cálculos, nadie realizará las observaciones sugeridas por una teoría propuesta, y así sucesivamente^[13]. Así pues, el conocimiento científico en cualquier época es lo que los científicos consideran activamente como tal, y el conocimiento científico de una época puede ser rechazado como erróneo en la siguiente. Pero el rechazo de las afirmaciones previamente aceptadas se hará, por su parte, sobre la base de opiniones realmente adoptadas, las cuales son ellas mismas falibles.

Se puede atacar este análisis como relativismo e historicismo, pero, admitiendo por el momento que estas características sean correctas, es difícil saber cómo evitarlas y conceder todavía sentido a la ciencia. El antirrelativismo tradicional se reduce a la pretensión de que sólo las proposiciones que sean verdaderas, en el sentido primario, pueden formar parte de la ciencia; pero queda el problema de cómo vamos a establecer cuáles de las proposiciones que componen el cuerpo de la ciencia aceptado son de hecho verdaderas y cuáles son falsas. Esta es, desde luego, la tarea de la investigación científica, y estamos así de nuevo en el mismo punto donde comenzamos. A menos que los científicos tengan un método efectivo para determinar de una vez por todas qué proposiciones son verdaderas, no podemos determinar qué parte de la ciencia corrientemente aceptada es de hecho conocimiento, ni tan siquiera si existe algún conocimiento científico en absoluto. Nos encontramos de nuevo en el dilema que hemos visto en Nagel^[14] cuando sostenía que las premisas de las explicaciones científicas deben ser verdaderas pero no es necesario que se sepa que son verdaderas.

Esto nos deja sin saber si hay o ha habido alguna vez una explicación científica. De manera similar, si mantenemos que sólo son conocimiento científico las afirmaciones que se han establecido de tal manera que hacen imposible cualquier futura refutación, entonces, en el mejor de los casos podemos tener conocimiento científico o no, sin saber si lo tenemos. En este punto, el propio concepto de conocimiento científico se hace inútil.

Parece que habría tres formas posibles de tratar este problema. Una sería desechar el concepto de conocimiento científico y sus conceptos conexos y encontrar alguna otra manera de pensar acerca de la ciencia. Esto requeriría el desarrollo de una epistemología completamente nueva, algo que bien puede ser intelectualmente imposible. La segunda posibilidad consiste en continuar haciendo filosofía de la ciencia en términos del proyecto de investigación del empirismo lógico. Si, por ejemplo, pudiéramos construir una lógica inductiva, seríamos al menos capaces de juzgar cuánto nos hemos aproximado al logro del conocimiento. Pero hemos visto que este proyecto de investigación se ha llevado adelante durante largo tiempo sin éxito, y que los fundamentos del empirismo lógico están muy poco firmes. Sin embargo, no hay ninguna prueba de que el proyecto de investigación del empirismo lógico deba ser abandonado, y como filósofos de la ciencia nos encontramos exactamente en la misma situación que los científicos que deben decidir, sin la ventaja de un procedimiento efectivo, entre continuar tratando de hacer que el proyecto más antiguo funcione o bien buscar uno nuevo.

La tercera posibilidad, adoptada aquí, consiste en encajar las acusaciones de relativismo e historicismo, si es necesario, y hacer de ellas la base para un nuevo proyecto de investigación filosófico a construir sobre los fallos del empirismo lógico, un proyecto que comienza mediante la admisión del análisis del conocimiento científico como el cuerpo falible de la ciencia aceptada. Tras una reflexión, sin embargo, no hay mucho que encajar, pues la acusación de relativismo pierde toda su fuerza si no se acepta una epistemología absolutista. Sólo por contraste con el concepto del conocimiento como un sistema de verdades definitivamente establecidas parecerá débil la propuesta de considerar como conocimiento las reivindicaciones falibles e incluso probablemente erróneas. Una vez que nos libramos de la creencia de que la ciencia puede establecer verdades definitivas y aceptamos, en cambio, que lo más que puede esperar alcanzar la ciencia es un consenso racional tentativo basado en los elementos de juicio disponibles, llamar a esto relativismo en un sentido despectivo pasa a ser insustancial. La misma respuesta es aplicable a la acusación de historicismo. Si es

historicismo mantener que lo que la comunidad científica acepta como conocimiento científico es conocimiento científico, entonces es difícil saber cuál es la objeción a menos que se afirme que hay otras normas a las que podemos apelar; en este caso, por supuesto, estas normas deben formularse y justificarse. En ausencia de criterios que nos permitan distinguir infaliblemente entre las afirmaciones que son o deben ser aceptadas de una vez por todas y las que ser rechazadas como falsas, no disponemos de ninguna otra elección inteligible que considerar al cuerpo de la ciencia falible aceptado como conocimiento científico.

La situación es más compleja con el concepto de verdad. Hay un sentido claro del término, al que me he referido como el sentido «absoluto» o «primario», según el cual decir que una teoría es verdadera es afirmar que da una descripción correcta de un aspecto de la realidad. Esta noción de verdad, a la que nos referiremos como «verdad₁», denota el objetivo por el que se esfuerzan los científicos al construir teorías, pero no tiene ninguna relevancia para la evaluación de teorías, puesto que las teorías suministran el único acceso que tenemos a la realidad. Para discutir significativamente la verdad o falsedad de las teorías científicas reales necesitamos otro sentido de «verdad» al que nos referimos como «verdad₂». Al introducir este término me propongo mantener el lazo tradicional entre los conceptos de conocimiento y de verdad, de manera que cualquier cosa que sea conocida debe, por definición, ser verdadera, pero para cambiar la dirección de la definición. Tradicionalmente, el concepto de verdad ha sido primitivo y se ha definido «conocimiento» en términos de «verdad». Me propongo tomar el concepto de conocimiento científico, como ha sido analizado aquí, como fundamental e introducir «verdad₂» en términos de «conocimiento»; cualquier proposición que forme parte del conocimiento científico es una proposición verdadera₂. Análogamente, necesitamos dos conceptos de falsedad: una proposición es falsa, si y sólo si no proporciona una descripción adecuada de la realidad; es falsa₂ cuando es rechazada por el consenso actual.

Podemos ahora mantener, sin ningún tipo de problemas, que el conocimiento científico es verdadero₂ y que se sabe que es verdadero₂ a condición de que comprendamos claramente que una teoría que es verdadera₂ en un momento determinado puede ser falsa₂ en otro, y viceversa. La teoría del desplazamiento continental, por ejemplo, fue rechazada abrumadoramente por los geólogos en los años veinte y fue, por tanto, falsa₂; durante los últimos diez años ha sido incorporada a la teoría de la tectónica de placas,

ampliamente aceptada, y es ahora verdadera₂; el que sea verdadera₁ continúa siendo una cuestión abierta.

Cuando una teoría es objeto de una controversia corriente, podemos tener una de las dos situaciones siguientes. Los científicos pueden considerar una hipótesis pero no tener ninguna base adecuada para aceptarla o rechazarla. Aquí no se ha adoptado ningún compromiso y la hipótesis no es ni verdadera₂ ni falsa₂. Esta parece ser la situación respecto a los intentos de reducir todas las partículas subatómicas a *quarks*. Alternativamente, puede haber dentro de una disciplina amplios grupos que acepten teorías diferentes. Este fue el caso, por ejemplo, de la astronomía geocéntrica y heliocéntrica durante gran parte del siglo XVII, y de la física newtoniana y cartesiana a principios del siglo XVIII. Debemos decir aquí que una de las teorías es verdadera₂ para un grupo mientras que la teoría alternativa es verdadera₂ para el grupo opuesto. Como mucho, una de las teorías en competencia puede ser, desde luego, verdadera₁.

Incluso con lo dicho entre líneas, la afirmación de que una teoría verdadera fue una vez, en algún sentido, falsa y que una teoría falsa fue en algún sentido verdadera parecerá paradójica a muchos lectores. La razón de esto es, sin embargo, que lo que he denominado «verdad₁» es el único sentido de verdad en la epistemología tradicional (así como en el lenguaje ordinario). Pero nuestro examen del conocimiento científico ha mostrado que el cuerpo tradicional de los conceptos epistemológicos no es adecuado para el análisis de las formas en que las teorías científicas se desarrollan y son aceptadas y revocadas. Con el objeto de superar esta insuficiencia de la maquinaria conceptual tradicional hemos introducido un nuevo sentido de «verdad». Nótese, sin embargo, que no hemos introducido un concepto completamente nuevo *ex nihilo*, sino que lo hemos construido mediante la modificación de un concepto anterior, el cual se conserva todavía en nuestra trama conceptual. Puesto que aquí nos ocupamos sólo de cuestiones epistemológicas, utilizaré en lo sucesivo «verdadero» y «falso» sin ninguna indicación de si nos referimos a «verdadero₂» o «falso₂»^[15].

OBJETIVIDAD

Se objetará sin duda que nuestro análisis del conocimiento científico constituye un ataque a la objetividad de la ciencia. Pues, se aducirá, al mantener que la decisión última en las cuestiones científicas depende de la

comunidad científica más que de un procedimiento de prueba impersonal introducimos factores subjetivos en el proceso de confirmación. Además, y lo que es más grave, la propia noción de objetividad es inconsistente con la idea de un cuerpo de conocimiento basado en presuposiciones falibles, pues deja al conocimiento científico sin fundamento alguno. Mediante la simple alteración de las presuposiciones no sólo cambiamos el cuerpo del conocimiento científico, sino los tipos de preguntas que hacen los científicos y las normas para juzgar lo que es científico. Así, la ciencia se convierte en una construcción arbitraria y no hay razón alguna para considerar que un cuerpo de teoría propuesto sea más válido que otro.

La principal dificultad de esta objeción es que se basa en la propia epistemología que hemos rechazado. Supone la tesis baconiana de que los juicios hechos sobre la base de presuposiciones son inseguros; pero la objeción pierde su sentido una vez que se admite que todos los juicios necesitan presuposiciones. La tesis de que la ciencia es objetiva en el sentido descrito no es evidente a todas luces, ni tampoco es una afirmación en favor de la cual se haya aportado ningún elemento de juicio empírico. Antes bien, es una proposición paradigmática, un supuesto básico del programa de investigación del empirismo lógico. Rechazar este programa no significa rechazar la opinión de que la ciencia es objetiva, sino proponer la tarea de proporcionar un análisis alternativo de la objetividad científica. Como en otros casos en los que fue necesario redefinir un concepto, construiremos nuestro nuevo concepto sobre rasgos tomados de la vieja versión.

Uno de tales rasgos es la dicotomía entre lo objetivo y lo arbitrario, pero nosotros debemos rechazar la noción de que una teoría sea arbitraria a menos que esté basada sobre un fundamento indubitable. Aceptar una teoría porque resuelve algunos problemas, verdadera porque «funciona», pero «funciona» aquí sólo significa que desempeña un papel significativo en el cuerpo de conocimiento científico. El pragmatista trata de reducir la teoría a la práctica definiendo la verdad en términos de lo que funciona en el mundo práctico; lo que nos interesa es la teoría. La relatividad general, por ejemplo, es aceptada por la comunidad científica y es, por tanto, verdadera, porque nos permite resolver problemas puramente teóricos como el cálculo de la órbita de Mercurio, aun cuando la teoría no tenga consecuencias prácticas en el sentido que le importa al pragmatismo.

elimina otros y proporciona una guía para la futura investigación, no es decidir arbitrariamente aceptar esa teoría. De forma similar, una teoría que una vez fue ampliamente aceptada puede ser derrocada porque no haya

logrado resolver sus propios problemas, porque ya no proporcione una guía clara para la investigación y porque se haya desarrollado una teoría alternativa que se juzga que satisface estos criterios. Pero juzgar que se ha de rechazar una teoría sobre esta base no es adoptar una decisión arbitraria.

Un segundo rasgo que nuestro nuevo concepto de objetividad comparte con el tradicional es el de que las teorías objetivas deben ser verificadas intersubjetivamente. Este requisito es incluso más básico en nuestro enfoque que las filosofías tradicionales de la ciencia. Si es cierto que existe un «método científico» que manejan los científicos, el único propósito de la verificación intersubjetiva sería el de asegurar que la fragilidad humana no interfiera en su operación; la verificabilidad intersubjetiva no sería una parte de la investigación lógicamente necesaria. Pero para nuestro enfoque, que exige que las propuestas sean evaluadas y aceptadas por la comunidad de los científicos cualificados antes de poder formar parte de la ciencia, la verificación intersubjetiva es crucial.

Finalmente, debemos recordar que los científicos están tratando de comprender una realidad que es objetiva en el sentido de que existe independientemente de sus teorías. Las teorías científicas se verifican con esta realidad, que juega un papel central a la hora de determinar lo que observamos y que está continuamente arrojando anomalías para recordarnos que nuestras teorías actuales no son perfectas y es posible que tengan que ser abandonadas en favor de algún nuevo enfoque. Hemos visto que sólo podemos intentar comprender la realidad física (o biológica, o mental) en términos de algún conjunto de presuposiciones, pero, a menos que la estructura de nuestras presuposiciones se engrane hasta cierto punto con la estructura intrínseca de la realidad, fracasará como guía para la investigación y será rápidamente eliminada.

DESCRIPCIONES Y NORMAS

Hay otro problema, particularmente complejo, suscitado por la tesis de que el conocimiento científico es el consenso de la comunidad científica. Hay muchas maneras en que puede establecerse un consenso y no está claro que todas sean legítimas, como tampoco está claro que todos los factores que pueden jugar un papel al dar lugar a un consenso sobre un tema particular sean pertinentes para el análisis filosófico de la ciencia. Un consenso puede ser influido e incluso forzado por factores sociales, económicos o políticos: por ejemplo, el ascendiente de un individuo o escuela particular, la

disponibilidad de fondos para un tipo particular de investigación, o la prohibición de algunos tipos de investigación por parte de un gobierno u organización religiosa poderosa. Si el conocimiento científico está determinado por el consenso existente más que por la apelación a modelos claros, mecánicamente aplicables, entonces parecería imposible distinguir un consenso legítimamente establecido de otro ilegítimo. Desde luego, en tanto que basemos nuestra filosofía de la ciencia en la historia de la ciencia, parecería imposible juzgar qué métodos son aceptables y cuáles inaceptables para lograr un consenso, pues la historia sólo puede decirnos lo que ha sucedido, no lo que debe suceder. Los empiristas lógicos, por otra parte, toman la lógica formal como base de su filosofía de la ciencia y la lógica es una disciplina normativa; proporciona modelos a los que debe acomodarse el razonamiento independientemente de cómo éste haya sido, de hecho, llevado a cabo. Así, la lógica puede proporcionar el fundamento para una filosofía normativa de la ciencia, mientras que una filosofía de la ciencia basada históricamente sólo puede ser descriptiva.

Este argumento es correcto en parte, aunque no se acepta como una crítica: ciertamente se sigue de nuestro análisis que los límites tradicionales entre lo que es y lo que no es es relevante para el análisis filosófico de la ciencia deben ser desplazados. Un ejemplo ayudará a establecer la cuestión. Toulmin critica a Kuhn por no lograr distinguir entre la influencia de los *Principia* de Newton y su *Optica*:

Así, mientras que las teorías dinámicas de Newton conservaron por sí mismas una legítima autoridad intelectual hasta el año 1880 o más tarde, la influencia de la *Optica* estaba reduciendo su efecto ya a finales del siglo XVIII. De hecho, hacia 1800 la prolongada autoridad de la *Optica* representaba poco más que el ascendiente magistral de una gran mente sobre otras no tan grandes, y las formas en que los científicos newtonianos invocaban esta autoridad estaba empezando a caer en el dogmatismo^[16].

Según Toulmin, Kuhn no ha logrado distinguir entre «un importante rasgo filosófico: a saber, que una de las funciones de un esquema conceptual establecido consiste en determinar qué modelos de teoría hay disponibles, qué cuestiones son significativas y qué interpretaciones son admisibles», y «un rasgo diferente, sociológico, a saber: que, históricamente, los científicos secundarios o derivados, como los newtonianos del siglo XVIII, tienden a ver menos del cuadro total que los trabajadores primarios, originales, que fueron sus mentores y que procuraron su inspiración»^[17]¹⁷.

Ahora bien, el juicio de Toulmin acerca del mérito relativo de los *Principia* y la *Optica* puede ser correcto, pero es importante recordar que este

juicio se hace retrospectivamente, no desde el punto de vista de los científicos implicados. Desde este último punto de vista persiste el hecho de que a finales del siglo xviii y principios del XIX la investigación se realizaba bajo la dirección de la *Optica* de Newton, y esta investigación constituía una parte de la física de aquel tiempo. Bien podría ser el caso de que importantes descubrimientos quedaran aplazados debido al prestigio de Newton, pero esos descubrimientos potenciales que no se habían hecho todavía no formaban parte de la física en 1800. De manera similar, por tomar un ejemplo contemporáneo, la investigación experimental en la física de alta energía es extremadamente costosa y sólo puede realizarse en circunstancias políticas y económicas que permitan una financiación apropiada^[18]. La investigación que no se realiza no proporciona información y, por tanto, no contribuye al conocimiento científico. Tales hechos no son pertinentes para el análisis filosófico de la ciencia para aquellos que identifican análisis filosófico con análisis lógico. Nuestro interés, sin embargo, es comprender cómo se establece un consenso, y ningún factor que pueda entrar en el establecimiento de este consenso puede ser rechazado a priori como irrelevante.

Al mismo tiempo no aceptamos la conclusión de que una filosofía de la ciencia históricamente basada no pueda proporcionar ninguna norma que nos permita distinguir un consenso legítimamente establecido de otro ilegítimo. La fuente principal de la crítica es la doctrina de Hume^[19] de que no podemos derivar «debe» a partir de «es», de que no podemos *deducir* válidamente juicios normativos acerca de cómo debería funcionar la ciencia a partir de una descripción de su funcionamiento real. Pero es necesario recurrir a una deducción formal para establecer una norma. Hemos visto que el razonamiento científico fundamental es dialéctico, que surgen nuevas propuestas de las teorías actuales sin que estén entrañadas formalmente por estas teorías, y hemos visto también que la decisión de proseguir una línea particular de investigación es una cuestión de juicio informado por parte de los científicos y no una cuestión de aplicación mecánica de reglas. Un enfoque similar es aplicable a la filosofía de la ciencia. Podemos mirar atrás a la historia de la ciencia y, a juzgar por la presente situación, tratar de descubrir qué procedimientos han hecho avanzar el desarrollo de la ciencia y cuáles han tendido a retrasarlo. Basándonos en esta información, podemos hacer recomendaciones acerca del procedimiento científico: no, desde luego, recomendaciones acerca de qué tipos de experimentos deberían realizar los científicos o qué tipos de teorías deberían tratar de construir; éstos son juicios que deben dejarse a los propios científicos. Pero podemos hacer

recomendaciones de un tipo más general que bien pueden ser a la larga de mayor importancia que cualquier decisión de hacer un tipo de experimento o computación antes que otro.

Como ejemplo inicial, consideremos el intento por parte de la Iglesia católica durante el siglo XVII de obstaculizar el desarrollo y propagación de la astronomía copernicana. El episodio mejor conocido de este intento es la prohibición de la obra de Galileo *Diálogo sobre los dos principales sistemas del mundo* por parte de los censores y el subsiguiente arresto que tuvo como resultado su forzada abjuración del copernicanismo y arresto domiciliario durante los últimos años de su vida. Podemos reconocer que aquí hubo una auténtica disputa científica que versaba sobre astronomía, pero una controversia en la que estaban implicados intereses teológicos que hacían inevitable la intromisión de la Iglesia. Podemos, sin embargo, condenar el intento por parte de la Iglesia de hacer callar a Galileo como el tipo de enfoque que, de tener éxito, tendería a destruir la ciencia. Como historiadores, podemos estudiar la estructura intelectual y política de la Italia del siglo XVII e identificar las fuerzas que llevaron al intento de detener la investigación de Galileo. Pero, aunque podemos tratar de comprender la dinámica del juicio de Galileo desde el punto de vista de sus actores, no necesitamos evaluarlo desde ese punto de vista. De hecho, sería absurdo hacerlo así, pues disponemos de gran cantidad de información acerca del juicio, sus secuelas y los frutos de la negativa por parte de Galileo a dejar de abogar por el sistema copernicano, y para evaluar el juicio desde el punto de vista del siglo XVII tendríamos que ignorar toda esta información. En contra del argumento de Hempel de que las paradojas de la confirmación son una ilusión psicológica que resulta del uso de información que no es formalmente pertinente para el problema considerado^[20], yo he mantenido que un juicio racional debe basarse en toda la información disponible incluso si el juicio resultante no se sigue deductivamente de esa información. Sobre la base de esta información podemos condenar el intento de hacer callar a Galileo como anticencia.

Se podría objetar que este argumento es una petición de principio, pues toma como punto de partida el consenso científico actual y rechaza como inaceptables aquellos medios de lograr consenso que habrían tendido a impedir su desarrollo. Pero esta crítica sólo tiene fuerza en el supuesto de que sea posible hacer juicios desde una posición ventajosa, libre de presuposiciones. Este es un proyecto filosófico que hemos rechazado. Las evaluaciones deben hacerse desde algún punto de vista y la única forma en que podemos evaluar la relevancia científica de disputas pasadas es desde la

perspectiva de la ciencia actual. Al mismo tiempo, desde luego, juzgamos esta ciencia actual a la luz del destino de la ciencia pasada y admitimos que todos nuestros juicios son falibles.

La inevitabilidad de hacer algunos supuestos sobre lo que constituye la ciencia legítima para hacer juicios filosóficos sobre la ciencia ha estado implícito en toda obra de filosofía de la ciencia, tanto si se ha reconocido abiertamente como si no. La teoría verificacionista estricta del significado, por ejemplo, que consagró como un principio filosófico lo que sus defensores consideraban como un rasgo general de la ciencia, fue abandonada por la mayor parte de los positivistas cuando se cayó en la cuenta de que habría eliminado justamente aquellos segmentos de la ciencia que aquéllos que la proponían consideraban como paradigmáticos de todo conocimiento. Incluso escritores como Schlick y Waismann, que se aferraron a la verificabilidad estricta, lo hicieron así mediante una nueva interpretación de las expresiones universales que el principio eliminaba, interpretación que disolvía el conflicto entre la teoría filosófica y los datos a los que se dirigía^[21]. ¿Es también esto una petición de principio? Después de todo, una vez que se acepta un principio filosófico, ¿no debemos aplicarlo uniformemente en todos los casos pertinentes? Pero debemos recordar que fue la reflexión sobre la ciencia, no una intuición de la naturaleza del significado, lo que dio origen al principio de verificación, y fue el intento continuado de interpretar la ciencia sobre esta base lo que condujo a la modificación y al consiguiente rechazo del principio. Este es el tipo de interconexión característico de la dialéctica, y éste es el tipo de desarrollo dialéctico a través del tiempo y con implicación de varios participantes que es característico de la investigación.

Tomemos otro ejemplo. Al discutir la génesis de su criterio de demarcación, Popper subraya que él buscaba un criterio que eliminase ciertas teorías a las que consideraba como pseudo-ciencias, la astrología, por ejemplo, pero, más importantes aún, el marxismo y la psicología freudiana o adleriana^[22]. No es sorprendente que Popper consiguiera encontrar un criterio que le permitiera llegar a estas conclusiones preconcebidas. ¿Está Popper argumentando en círculo? Si es así, no parece haber ninguna forma en que podamos evitar tales círculos. Si tratamos de establecer una definición de ciencia examinando lo que las distintas ciencias tienen en común, debemos disponer de alguna definición inicial de «ciencia» para saber qué disciplinas examinar. Y si comenzamos con una definición a priori, podemos encontrarnos con que los ejemplos de ciencia más obvios han sido eliminados, con el falsacionismo estricto eliminaría la dinámica newtoniana,

pues los que la propusieron ignoraron claros contraejemplos, y el verificacionismo estricto eliminaría todas las proposiciones universales. La forma de evitar este dilema es rechazar la exigencia de que optemos por uno u otro de los cuerpos. Nadie ha emprendido nunca un análisis filosófico de la ciencia, ni tan siquiera de una parte de investigación científica, sin un cuerpo substancial de compromisos a priori acerca de cómo proceder. Si esto genera un círculo, no se trata de uno vicioso, puesto que puede ser abandonado y sustituido en el curso de la marcha de la investigación.

Con la discusión precedente como telón de fondo examinaremos ahora dos casos contemporáneos en los que se revela de manera particularmente clara el problema de cómo se llega a un consenso científico: los casos de Lysenko y de Velikovsky. En ambos casos ilustramos cómo se pueden hacer afirmaciones acerca de lo que constituye un enfoque legítimo de un consenso científico sobre la base del estudio de los casos. Comenzaremos por el caso de Lysenko en la Unión Soviética^[23].

T. D. Lysenko fue un agrónomo que, a partir de finales de los años veinte y principio de los treinta, desarrolló una serie de afirmaciones teóricas en biología y de propuestas prácticas para la agricultura que implicaban el rechazo de la genética moderna. La sustituyó por su «teoría del desarrollo fásico de las plantas», según la cual es posible, en ciertas fases en la vida de una planta, «destruir» su herencia y sustituirla por una nueva, cambiándose, por tanto, una especie en otra. Junto con su colaborador, I. I. Prezent, Lysenko emprendió un ataque contra la biología establecida en el que su arma principal era la demagogia política, catalogando a sus oponentes como abogados de la «ciencia burguesa», el «idealismo», el «trotskismo», etc. Mediante una variedad de circunstancias, incluida la estructura del sistema político e industrial soviético de la época, el hecho de que lograra ganarse el favor de Stalin^[24], y una crisis agrícola, Lysenko consiguió un control absoluto sobre la biología soviética^[25]. Fueron detenidos muchos científicos adversarios, otros perdieron sus trabajos, de 1948 a 1953 la investigación y la enseñanza de la genética fueron prohibidas, y los libros de texto de biología se escribieron de nuevo de acuerdo con la «nueva biología». Los partidarios de Lysenko continuaron controlando las universidades y las revistas científicas hasta bien entrados los años sesenta.

Nos gustaría poder decir que las técnicas usadas en este caso para hacer callar a la oposición y crear un consenso no son aceptables. Sin embargo, si el conocimiento científico es el consenso científico, entonces podría parecer que el lysenkismo es un ejemplo de ciencia tan bueno como cualquier otra teoría

que consiga un consenso, independientemente de los medios usados. Pero esta conclusión es incorrecta, pues nunca hubo un consenso en torno a las doctrinas de Lysenko. Como mucho, hubo un consenso en un país, pero la comunidad científica no reconoce fronteras nacionales, y la comunidad biológica mundial, ciertamente, nunca aceptó las teorías de Lysenko. De hecho, nunca hubo un consenso científico en torno a las doctrinas de Lysenko ni tan siquiera en la Unión Soviética. La oposición fue obligada a ocultarse durante algún tiempo, pero permaneció fuerte y, con la ayuda de científicos de otras disciplinas, se mantuvo viva la investigación genética bajo el disfraz de la química, la física y la matemática. Por tanto, la intromisión del gobierno soviético no consiguió ni tan siquiera eliminar el consenso científico que existía anteriormente.

Sin embargo, todavía no nos hemos enfrentado al problema central que sugiere el asunto Lysenko: la posibilidad de un consenso forzado. Supongamos que este tipo de represión apareciera en tal escala que se impusiera una única ortodoxia sobre todos los científicos con la eliminación de toda disidencia y todo debate. ¿Tendríamos un consenso científico? Para responder a esta pregunta debemos recordar que el consenso establecido no permite que todo el mundo tome parte en el desarrollo de un consenso. Son los científicos entrenados quienes se constituyen en árbitros de las cuestiones científicas, y un consenso científico debe ser un consenso de la comunidad científica relevante. No cualquiera tiene derecho a opinar sobre biología o física o matemática, mucho menos sobre cirugía cerebral. Cualquier semejanza que existiera de un consenso en torno a Lysenko se produjo mediante los poderes policiales de un estado totalitario, y, por tanto, no era un consenso *científico*. Si un estado policial suficientemente poderoso consiguiera imponer un estado de opinión uniforme sobre todos, habrá eliminado una disciplina científica o, quizá, toda ciencia, pero no habría producido un consenso científico.

Hay otro camino por el que se nos puede acusar de evadir el problema más que resolverlo. Habiendo rechazado la opinión de que las decisiones científicas fundamentales se hacen mediante algoritmos y desplazando el peso de la responsabilidad sobre la comunidad científica, no hemos proporcionado —se puede argüir ningún criterio claro de quién va a ser considerado como miembro de esta comunidad. Pero debemos recordar, de nuevo, la epistemología con que estamos trabajando. La objeción, en efecto, pregunta por un algoritmo que nos permita determinar la composición de la comunidad científica pertinente, y no parece haber más perspectivas de construir uno que

la que hay de construir un algoritmo para decidir entre teorías fundamentales. Pero, de nuevo, esto no implica que estas decisiones sean irracionales. Las comunidades científicas se desarrollaron porque numerosos investigadores trabajaban en problemas comunes, y se han perpetuado mediante el proceso de educación de los nuevos investigadores. Este proceso está sujeto a los riesgos de la vida social: del «discipulado», de ignorar al innovador «original», de colocar a los científicos insulsamente conformistas en posiciones de autoridad. Pero estos riesgos son previsibles, pues ninguna comunidad es infalible en todas sus decisiones. Sin embargo, uno de los aspectos más intrigantes de la ciencia es su capacidad autocorrectora. El daño intelectual producido por la falibilidad y perversidad humanas ha sido a menudo de duración relativamente corta, y muchas propuestas que una vez fueron rechazadas han conseguido nueva atención más tarde, siendo algunas de ellas finalmente aceptadas^[26].

Una dramática ilustración de los peligros intrínsecos del proceso consensual lo proporciona el asunto Velikovsky. En 1950, Immanuel Velikovsky publicó *Mundos en colisión* donde recusó algunas tesis ampliamente aceptadas en astronomía y cosmología. Trató de mostrar que la Tierra había sufrido cambios catastróficos en tiempos históricos como resultado de colisiones o cuasi-colisiones con objetos extraterrestres, especialmente con un gran cometa que posteriormente se convirtió en el planeta Venus, y más tarde con Marte. Los elementos de juicio de Velikovsky fueron extraídos a partir del estudio de mitos que, en su opinión, están basados en hechos reales. Comparó mitos de muchas culturas de todo el mundo y pretendió haber encontrado relatos sincrónicos de tales catástrofes. En consecuencia, propuso una teoría del sistema solar radicalmente diferente de la de la ciencia aceptada, y algunas de las conclusiones que dedujo han sido desde entonces verificadas, por ejemplo, que hay fuertes campos magnéticos en el espacio interplanetario, que la temperatura superficial de Venus es superior de lo que entonces se creía y que Júpiter emite ruidos de radio. No trataremos ahora de valorar la metodología de Velikovsky —la forma en que interpretó sus fuentes, si sus conclusiones se seguían de sus elementos de juicio, etc. ni tampoco compararemos su explicación de los nuevos descubrimientos con otras que habían sido propuestas. Lo que nos interesa es la respuesta inicial de la comunidad científica a su libro.

Hemos visto que es corriente que los científicos ignoren el trabajo que sea inconsistente con las presuposiciones generalmente aceptadas, y que hasta cierto punto esto es legítimo y necesario. Como señala Polanyi, «abandonar el

propio trabajo para comprobar las afirmaciones de Velikovsky, como él pretendía, parecería una pérdida culpable de tiempo, gastos y esfuerzos^[27]». Pero Velikovsky no fue ignorado. Muchos científicos, incluidos a algunos que se habían negado a realizar las observaciones que él había solicitado, o incluso a leer su manuscrito, abandonaron ciertamente su trabajo para atacarle. Esto sugiere graves preguntas acerca de la forma en que se alcanza y mantiene un consenso científico; será útil examinar algunos de los hechos relativos a este caso.

Debe haber alguna manera de filtrar la ciencia auténtica del trabajo de incompetentes y mentecatos, y el consejo editorial de las revistas y las empresas editoras son responsables de ello. Antes de su publicación el libro de Velikovsky fue sometido a un proceso de examen desusadamente riguroso. En un principio, recomendado para su publicación por un editor de Macmillan «se firmó un contrato opcional, y entonces, tras otro año durante el que varios lectores ajenos a la casa —entre ellos John O’Neill [editor científico del *New York Herald Tribune*] y Gordon Atwater, entonces conservador del Planetario Hayden y presidente del Departamento de Astronomía del Museo Americano de Historia Natural— examinaron el manuscrito y recomendaron su publicación, y se preparó y firmó un contrato definitivo^[28]». Pero en 1950, en respuesta a dos cartas del astrónomo de Harvard Harlow Shapley, que se había negado anteriormente a leer el manuscrito^[29], Macmillan decidió remitir el libro a tres lectores más y aceptar la decisión mayoritaria. «Al parecer, la mayoría votó de nuevo a favor; el libro se publicó en la fecha prevista»^[30].

Desgraciadamente, Velikovsky y Macmillan permitieron la republicación de varios artículos sensacionalistas en revistas populares: uno en *Harper’s*, dos en *Collier’s* y otro en *Reader’s Digest*^[31]. Fueron los artículos periodísticos, no el libro, los que se convirtieron en el punto focal de los ataques iniciales por parte de los científicos contra Velikovsky. El primero, y más importante de estos ataques, pues los escritores posteriores lo tomaron frecuentemente como punto de referencia, fue el de la astrónoma Cecilia Payne-Gaposchkin, colega de Shapley^[32]. El artículo de la doctora Gaposchkin apareció antes de la publicación de *Mundos en colisión* y se basó completamente en el artículo de Larabee en *Harper’s*. De hecho, como reconoció Gaposchkin en respuesta a una carta de Larabee^[33], ella no había leído el libro cuando escribió el artículo. Su ataque estaba basado en «un sumario de ocho páginas evidentemente escrito por un no-científico [...]»^[34].

Pero esto no le impidió escribir como si estuviera citando directamente a Velikovsky. Consideremos, por ejemplo, lo siguiente:

Examinemos algunas de las afirmaciones astronómicas del Dr. Velikovsky en detalle: «Un cometa [...] *pasó* cerca de la Tierra [...]. El cometa [...] tocó la Tierra con su cola gaseosa [...], y con la lluvia de meteoritos la Tierra dejó de girar^[35].

La cita no es de Velikovsky sino de Larabee, y el uso que hace Gaposchkin de las elipsis es, además de generoso, desorientador. Por ejemplo, la oración que termina antes de la segunda elipsis aparece al comienzo de la página 20 en el artículo de Larabee; el pasaje que comienza después de las elipsis aparece al comienzo de la página 21, toda una página más adelante, y, en una sección del artículo, con un número diferente.

Los ataques, muchos de ellos bastante desmedidos, continuaron tras la publicación del libro, y algunas publicaciones profesionales que imprimieron estos ataques le negaron espacio a Velikovsky para la réplica. Por poner un ejemplo, en 1952, la Sociedad Filosófica Americana celebró un simposio sobre «Algunas heterodoxias de la ciencia moderna» que incluyó ataques contra Velikovsky. Este se encontraba presente en la asamblea y el presidente le permitió responder, pero la Sociedad se negó a imprimir sus comentarios en las *Actas* aunque los comentarios de sus oponentes fueron impresos^[36].

Quizá el aspecto más serio de todo el asunto fue un esfuerzo concertado, posiblemente organizado, para forzar al editor a retirar el libro. Los científicos escribieron a Macmillan numerosas cartas mostrando su enfado, y se negaron a recibir a sus representantes de libros de texto o a escribir libros de texto para ellos. El ataque fue tan fuerte que éstos se vieron forzados a renunciar al libro, aunque era el que más beneficios les proporcionaba, asignando los derechos a Doubleday, que carecía de departamento de libros de texto^[37].

Finalmente, James Putnam, el editor que había recomendado la publicación del libro y que había estado con Macmillan durante 25 años, fue despedido^[38] y Gordon Atwater fue relevado de su puesto en el Planetario Hayden y en el Museo Americano de Historia Natural tras anunciar un programa del planetario sobre las teorías de Velikovsky, siendo el programa suspendido^[39].

No necesitamos ninguna deducción formal, el cálculo de probabilidades, o una solución del problema es-debe para reconocer que los intentos de suprimir un libro y los ataques a un autor que no se ha leído no son medios legítimos de mantener un consenso científico. El principal argumento que

utilizaron los científicos para justificar el intento de supresión del libro está bien formulado por el astrofísico John Q. Stewart:

Cuando la compañía de Macmillan aceptó publicar este libro, esta casa podría no haber prestado gran atención a su propia y larga lista de trabajos de investigadores prominentes en la física matemática y en la mecánica celeste. Los lectores que no están familiarizados con un autor en la ciencia física consideran como de alguna garantía una publicación de un editor respetado. Esto es especialmente importante cuando un experto en busca de información fidedigna se sale de su propio campo profesional y entra en uno colindante [...]. La libertad de expresión no habría estado implicada; los editores rechazan libros de texto todos los días [...]^[40].

La afirmación de Stewart de que a menudo dependemos de la fiabilidad de un editor cuando hacemos uso de un libro técnico es importante^[41]. Pero es difícil de entender cómo los expertos de una disciplina científica colindante pueden de alguna forma considerar erróneamente *Mundos en colisión* como un trabajo definitivo en astrofísica, y, si se les hubiera desorientado, la reputación de Macmillan habría sufrido desde luego.

Más importante aún es que el libro fuera aceptado para su publicación sólo después de haber sido aprobado por varios lectores científicamente competentes; no habría existido violación alguna de la libertad de expresión si estos lectores hubieran rechazado el libro. Pero el intento de Shapley de interferir en el proceso de examen normal y el intento de suprimir un libro que ha sido ya publicado son ejemplos de un tipo de actividad que sólo puede perjudicar a la ciencia. El bienestar de la ciencia depende de su apertura hacia las nuevas ideas y del mantenimiento del libre debate. Una vez más, esto no requiere que los científicos malgasten su vida profesional examinando cada conjetura inadmisibles que consiga ser publicada sólo porque algunas tesis rechazadas hayan resultado ser más tarde importantes innovaciones. Pero sí significa que los científicos que elijan entrar en un debate deberían comportarse de acuerdo con las reglas normales de la discusión razonada. El hecho de que un escritor proponga una teoría en un campo en el que no es un profesional cualificado puede proporcionar una razón adecuada para ignorarlo, pero no permite suspender las reglas del debate científico. Es útil recordar que a lo largo de toda la historia de la ciencia ha sido una de las mayores víctimas de la censura y no hay razón alguna para creer que la censura se convierta en deseable cuando los científicos son los censores. Más bien, lo que enseña el principio del consenso es que es el continuo proceso de investigación y discusión lo que lleva al establecimiento del conocimiento científico. Como arguyó Moses Hadas respecto a Velikovsky, «lo que me molestó fue la violencia del ataque contra su persona: si sus teorías fueran

absurdas, ¿no habrían sido a su debido tiempo expuestas como tales sin una campaña de difamación^[42]?».

En éste como en tantos otros casos, Einstein proporciona un modelo del comportamiento apropiado. Durante los dos últimos años de su vida, Einstein discutió las teorías de Velikovsky con él, rechazando en particular sus afirmaciones de que los campos electromagnéticos juegan un papel en el movimiento planetario y de que el Sol y los planetas portan una carga eléctrica. «Sin embargo, cuando supo, sólo unos días antes de su muerte, que Júpiter emite ruido de radio, como Velikovsky había durante mucho tiempo insistido, ofreció emplear su influencia para organizar algunos otros experimentos que Velikovsky había sugerido»^[43].

La violencia de la reacción frente a *Mundos en colisión* es en parte resultado de la persistente creencia de que la ciencia produce verdades definitivas. Consideremos, por ejemplo, la observación de Shapley: «Si el Dr. Velikovsky tiene razón, el resto de nosotros está loco^[44]». Claramente, si Velikovsky tiene razón, muchos astrónomos están equivocados, pero equiparar el mantenimiento de una teoría científica incorrecta con estar loco es adherirse a una opinión ingenuamente optimista de la permanencia de los resultados científicos, especialmente en un campo tan especulativo como la cosmología. Sin embargo, incluso los cosmólogos más especulativos parecen no tener duda en afirmar el carácter definitivo de sus declaraciones. Fred Hoyle, por ejemplo, defensor de la cosmología del estado constante, que rechaza el principio de conservación de la materia y postula la continua creación de átomos de hidrógeno a partir de la nada en el espacio interestelar, escribió en 1960:

¿Es probable que nos esté acechando algún desarrollo sorprendente? ¿Es posible que la cosmología de dentro de 500 años sobrepase tanto nuestras presentes creencias como nuestra cosmología sobrepasa la de Newton? Puede sorprenderle saber que dudo que esto ocurra así. Si esto le parece pretencioso, creo que debe considerar lo que dije antes acerca de la región observable del Universo. Como recordará, incluso con un telescopio perfecto podríamos penetrar en el espacio sólo el doble de distancia, aproximadamente, que con el nuevo telescopio de Palomar. Esto significa que no se van a abrir nuevos campos para el telescopio del futuro, y éste es un hecho de no poca importancia en nuestra cosmología. Habrá muchos adelantos en la comprensión de los detalles de cuestiones que todavía nos desconciertan. De los grandes temas espero un considerable perfeccionamiento en la teoría del Universo en expansión. Espero que la creación continua juegue un importante papel en las teorías del futuro. De hecho, espero que se aprenda mucho sobre la creación continua, especialmente sobre su conexión con la física atómica. Pero por regla general creo que nuestro marco actual mantendrá un parecido apreciable con las cosmologías del futuro^[45].

Mientras Hoyle estaba escribiendo estas palabras, el campo recientemente desarrollado de la astronomía radial suministraba nuevos tipos de datos y

forzaba a muchos cosmólogos a repensar sus teorías. Así, en un libro de 1965, Hoyle encontró necesario incluir un capítulo titulado «Una desviación radical del concepto de estado-constante», en el que trataba de reconciliar la teoría del estado constante con los nuevos elementos de juicio de que la parte observable del Universo carecía de la homogeneidad necesaria para esa cosmología. La parte del Universo en que vivimos es —argumentaba una inhomogeneidad local «de unos diez años luz de diámetro, aproximadamente, *unas mil veces la porción del universo visible en nuestros telescopios*»^[46]. Sin embargo, habiéndosele mostrado, antes de que pasaran cinco años, que había estado equivocado en varias cuestiones fundamentales, Hoyle siguió teniendo la esperanza de que su última teoría fuera la palabra definitiva: «Mi impresión es que el cuadro [...] de la formación de las galaxias que da esta teoría puede ser decisivo^[47]».

Incluso un estudio precipitado de la ciencia del siglo xx hace extremadamente difícil comprender tal confianza serena, y es igualmente difícil ver cómo puede beneficiarse la ciencia de la perpetuación del mito de que el nervio de la ciencia reside en los «resultados establecidos» antes que en la investigación en curso. La comunidad científica en su conjunto debe mantener un delicado equilibrio entre los principios aceptados y las nuevas ideas^[48]. Y este equilibrio puede ser óptimamente mantenido si los científicos tienen una clara comprensión de cómo se ha desarrollado la ciencia^[49].

No es mi propósito ahora presentar un catálogo de normas para los científicos, sino sólo ilustrar la forma en que se pueden proponer tales normas sobre la base del análisis de casos tomados de la historia de la ciencia. Estas normas no pueden deducirse formalmente a partir de las descripciones de hechos históricos, ni hay prueba alguna *a priori* de que deban ser seguidas, como tampoco hay ninguna buena razón para hacer de cualquiera de estas exigencias condiciones necesarias para la aceptabilidad de las normas propuestas. Es suficiente que seamos capaces de reconocer los tipos de comportamiento que han tendido a facilitar o impedir el desarrollo de la ciencia para hacer propuestas sobre cómo deberían comportarse los científicos. Por tanto, la cuestión «¿Es la filosofía de la ciencia normativa o descriptiva?» no es especialmente iluminadora si presupone que éstas son alternativas mutuamente excluyentes.

PRESUPOSICIONES Y PROBLEMAS

He argumentado que una teoría es un sistema de presuposiciones que guía la investigación y que la epistemología desarrollada aquí es un ejemplo de tal teoría. ¿Cuáles son, pues, los presupuestos de esta teoría y qué problemas de investigación proporciona a los filósofos? En nuestro caso éstas no son dos cuestiones distintas, pues la clarificación de presuposiciones es un problema filosófico, tanto si la propia teoría en cuestión es una teoría filosófica como si no lo es. En general, es difícil que los que trabajan dentro de una teoría adviertan con absoluta claridad sus presuposiciones, pero podemos tratar de formular los más obvios. Al hacerlo así encontraremos que toda presuposición que aislemos generará problemas filosóficos adicionales.

Nuestro análisis de la ciencia ha hecho un amplio uso de la historia de la ciencia y hemos presupuesto continuamente que disponemos de información histórica adecuada con la que trabajar, pero no podemos suponer (bajo pena de autocontradicción) que la investigación histórica suministre datos libres de teoría. Por consiguiente, nuestra confianza en la historia de la ciencia requiere una teoría del conocimiento histórico en el contexto de nuestra epistemología y una nueva apreciación de nuestro análisis de la ciencia a la luz de esta teoría de la historia.

En segundo lugar, hemos presupuesto que existe un mundo material independiente de la mente que es el objeto de las teorías de los científicos y que juega un papel crucial a la hora de determinar lo que se observa. Esto requiere una nueva teoría de la percepción que pueda aclarar los papeles que juegan la teoría y la realidad física a la hora de determinar lo que se observa, y cómo tal observación, cargada de teoría, puede servir para controlar la admisión o el rechazo de las teorías científicas.

En tercer lugar, hemos presupuesto que la mente humana es capaz de juicio racional sobre la base de datos limitados y sin la guía de procedimientos efectivos. Este presupuesto (que es rechazado por los que equiparan racionalidad con computabilidad algorítmica) precisa de una nueva teoría epistemológica de la mente para dar cuenta de la racionalidad y la creatividad científica al formar y valorar hipótesis.

En cuarto lugar, queda abierto un nuevo campo para el análisis filosófico de la naturaleza del conocimiento. Precisamente de la misma forma en que nuestra comprensión creciente de los mecanismos de la evolución y la genética ha hecho surgir la posibilidad de alterarlos, una comprensión del papel de las presuposiciones en el conocimiento humano puede también conducir a la posibilidad de alterar su papel, y esto, a su vez, generaría la necesidad de una nueva epistemología.

CONCLUSIÓN

Nuestro tema central ha sido el de que lo que constituye el nervio de la ciencia es la investigación en curso, antes que los resultados establecidos. La ciencia consiste en una serie de proyectos de investigación estructurados mediante las presuposiciones aceptadas que determinan qué observaciones se han de hacer, cómo se han de interpretar, qué fenómenos son problemáticos y cómo han de ser tratados estos problemas. Cuando cambian las presuposiciones de una disciplina científica, quedan transformadas también tanto la estructura de esa disciplina como la imagen de la realidad del científico. El único aspecto permanente de la ciencia es la investigación.

Este enfoque se ha aplicado tanto a la filosofía de la ciencia como a la propia ciencia. Hemos visto que el empirismo lógico es un intento de interpretar la ciencia en términos de una filosofía aceptada, utilizando un cuerpo definido de herramientas intelectuales, y que genera un conjunto de problemas característico que los filósofos que trabajan dentro de esta tradición tratan de resolver. Los fracasos en la resolución de estos problemas llevan a modificaciones del programa de investigación original y, finalmente, a la propuesta de una nueva filosofía de la ciencia construida sobre diferentes presupuestos, utilizando diferentes herramientas intelectuales, que generan un conjunto alternativo de problemas filosóficos. Al mismo tiempo, la frontera entre lo que es y no es pertinente para el análisis filosófico de la ciencia queda desplazada, y muchos aspectos de la historia, de la sociología, de la psicología, e incluso de la economía y de la política de la ciencia, que son considerados irrelevantes por los que identifican filosofía de la ciencia con análisis formal, pasan a ser muy relevantes desde el nuevo punto de vista.

La tentativa de desarrollar una teoría de la ciencia filosófica exige que cambiemos nuestra interpretación de la ciencia cada vez que alteremos nuestras presuposiciones epistemológicas, y que cambiemos nuestras presuposiciones cuando se juzgue que los problemas acerca de la ciencia que generan son intratables. Esta continua acción recíproca entre una teoría y su objeto ha sido caracterizada como dialéctica, y se ha argüido que la estructura de la investigación y el desarrollo científicos es también dialéctica. Consiste en una transacción entre teoría y observación, donde la teoría determina qué observaciones vale la pena hacer y cómo van a ser entendidas, mientras que la observación proporciona retos a las estructuras teóricas aceptadas. La tentativa continua de producir un cuerpo de teoría y observación coherentemente organizado es la fuerza impulsora de la investigación, y el

fracaso prolongado de los proyectos de investigación específicos conduce a revoluciones científicas.

Las revoluciones científicas no son, sin embargo, cortes netos con la tradición que establezcan un nuevo enfoque que nada tenga en común con la ciencia precedente. Hemos visto que, al introducir nuevas presuposiciones, una revolución transforma la estructura conceptual de una teoría. Esto puede implicar la eliminación de algunos conceptos y el rechazo de algunas formas de observación como irrelevantes, así como la introducción de algunos nuevos conceptos y nuevos tipos de observaciones. Pero, en su mayor parte, los viejos conceptos son conservados en forma modificada y las viejas observaciones son conservadas con nuevos significados. Esta continuidad proporciona la base para el debate racional entre teorías fundamentales alternativas, incluso aunque estas teorías puedan presentar imágenes de la naturaleza y de la disciplina en cuestión radicalmente diferentes. Así, la tesis de que una revolución científica requiere una reestructuración de la experiencia análoga a un cambio de *Gestalt* es compatible con la continuidad de la ciencia y la racionalidad del debate científico.

Finalmente, se ha argumentado que las decisiones cruciales tales como la de de qué manera se ha de resolver un conflicto entre teoría y observación, o cómo se ha de evaluar una nueva teoría propuesta, no se adoptan mediante la aplicación de reglas mecánicas, sino mediante juicios razonados por parte de los científicos y mediante el debate en el seno de la comunidad científica. Este proceso, al que se reconoce falible, se presenta como un paradigma de procedimiento de decisión racional.

INDICE DE AUTORES Y MATERIAS

ABLESON, P.
ADAMS, J.
AGASSI, J.
ALEXANDER, H.
Ambigüedad de la explicación estadística
Analogía
Aristarco
ARISTÓTELES
Aristotélica
 dinámica,
 lógica,
Atrincheramiento
ATWATER, G.
AYER, A. J.
BACON, F.
BARRET, W.
BERGSON, H.
BESSELL, F.
BOHR, N.
BRAHE, T.
BRAITHWAITE, R.
BRIDGMAN, P.
BRODBECK, M.
BURIDAN, J.
CAJORI, F.
CAMPBELL, N.
CARNAP, R.
Ciencia normal
Círculo de Viena
CLAIRAUT, A.
COLLINGWOOD, R.
COMTE, A.
Condición de consecuencia
 especial

inversa
Convenciones
COPÉRNICO, N.
Corroboración
Craig, teorema de
D'ALEMBERT, J.
Datos sensibles (*sense-data*)
Demarcación
DESCARTES, R.
Dialéctica
DUHEM, P.,
Efecto fotoeléctrico
EINSTEIN, A.
Enunciados básicos
Evidencia total, requisito de
FEIGL, H.
FERMI, E.
FEYERABEND, P. K.
FIZEAU, A.
FLEMING, A.
Flogisto
Formalismo
FOUCAULT, J.
GALILEO
Gestáltico, cambio
GOODMAN, N.
HADAS, M.
HANSON, N. R.
HARRÉ, R.
HARRIS, E.
HEGEL, G.
HEMPEL, C.
Heráclides
HESSE, M.
HILBERT, D.
Historicismo
HOOKE, R.

HOSIASSON-LINDENBAUM, J.

HOYLE, F.

HUME, D.

Ideal de orden natural

Ímpetu

JAMMER, M.

Júpiter

KANT, E.

KEPLER, J.

KORDIG, C.

KUHN, T. S.

LAKATOS, I.

LARABEE, E.

LARMOR, J.

LAVOISIER, A.

LEONARD, H.

LEVERRIER, U.

Logicismo

LORENTZ, H.

LYSENKO, T.

MARGENAU, H.

Marte

Máxima

MAXWELL, J.

MEDVEDEV, Z.

Mercurio

Modelo

Movimiento

natural

violento

NAGEL, E.

Neptuno

Neutrino

NEWTON, I.

NICOD, J.

Objetividad

Ohm, ley de

O'NEILL, J.
Operacionalismo
OPPENHEIM, P.
Oraciones reductivas
Orden natural, ideal de
ORESME, N.
Paradigma
Paradojas
 de la confirmación
 de implicación material
PAULI, W.
PAYNE-GAPOSCHKIN, C.
PEARS, D.
PEMBERTON, H.
PLATÓN
POINCARÉ, H.,
POLANYI, M.
POPPER, K. R.
Positivismo lógico
Pragmatismo
PREZENT, I.
PRIESTLEY, J.
Programa de investigación
Proposiciones paradigmáticas
Proyección
Psicologismo
PTOLOMEO
PUTNAM, H.
PUTNAM, J.
QUINE, W. VAN ORMAN
Racionalidad,
RAMSEY, F.
REICHENBACH, H.
Reglas de correspondencia
Relatividad, teoría de la
Relativismo
RIEMANN, B.

ROENTGEN, W.
RORTY, R.
RUDNER, R.
RUSSELL, B.
SCRIVE, M.
SCHEFFLER, I.
SCHLICK, M.
SCHRÖDINGER, E.
SHAPER, D.
SHAPLEY, H.
STALIN, J.
STEWART, J. Q.
SWINBURNE, R. C.
Taquiones
Teorema de Craig
TOULMIN, S.
Teoría verificacionista del significado
Urano
VELIKOVSKY, I.
Venus
Ver
 como
 que
Viena, círculo de
Vulcano
WAISMANN, F.
WATKINS, J.
WEISHEIPL, J.
WESTFALL, R.
WHITEHEAD, A. N.
WHITTAKER, E.
WITTGENSTEIN, L.

BIBLIOGRAFÍA

- Abro, A. d'. *The Evolution of Scientific Thought*, Dover, New York, 1950.
- , *The Rise of the New Physics*, 2 vols., Dover, New York, 1951.
- Achinstein, Peter. *Concepts of Science*, John Hopkins U. Press, Baltimore, 1968.
- , *On the Meaning of Scientific Terms*, *Journal of Philosophy*, 61 (1964) 475-510.
- Achinstein, Peter, y Barker, Stephen F. (eds.), *The Legacy of Logical Positivism*, Johns Hopkins U. Press, Baltimore, 1969. Trad. parcial en H. Feigl y St. Toulmin, *El legado del positivismo lógico*, versión de Antonio V. Cabo Martí y Javier García Raffi, *Revista Teorema*, Valencia, 1981.
- Agassi, Joseph, *Towards an Historiography of Science*, Mouton, The Hague, 1963.
- Andrade, E. N. da C., *Sir Isaac Newton*, Doubleday, Garden City, 1954.
- Aristóteles, *Obras Completas*, Aguilar, Madrid, 1982.
- Arhur, Wallace, y Fenster, Saul K., *Mechanics*, Holt, Rinehart, Winston, New York, 1969.
- Ayer, Alfred Jules, [1946] *Lenguaje, verdad y lógica*, trad. Marcial Suárez, Martínez Roca, Barcelona, ³1977.
- , (ed.), [1959] *El positivismo lógico*, trad. de L. Aldama, U. Frisch, C. N. Molina, F. M. Torner y R. Ruiz Harrel, Fondo de Cultura Económica, Madrid, 1977.
- Bacón, Francis, [1960] *Novum Organum*, trad. Risieri Frondizi, Losada, Buenos Aires, 1949.
- Barker, S. F. [1957] *Inducción e hipótesis*, trad. Néstor Miguez, Eudeba, Buenos Aires, 1963.
- Barrett, William, *On Dewey's Logic*: *Philosophical Review* 50 (1941) 305-315.
- Baumrin, Bernard (ed.), *Philosophy of Science: The Delaware Seminar 1961-62*, John Wiley, New York, 1963.
- (ed.), *Phylosophy of Science: The Delaware Seminar 1962-63*, John Wiley, New York, 1963.
- Blackwell, Richard J., *Discovery in the Physical Sciences*, U. Notre Dame Press, Notre Dame, 1969.
- Boas, Marie, *The Scientific Renaissance*, Harper and Row, New York, 1962.
- Braithwaite, R. B., [1960] *La explicación científica*, trad. Víctor Sánchez de Zavala, Ed. Tecnos, Madrid, 1964.

- Bridgman, P. W., *The Logic of Modern Physics*, Macmillan, New York, 1927.
- , *The Nature of Physical Theory*, Princeton U. Press, Princeton, 1936.
- Brodbeck, May, *Explanation, Prediction and «Imperfect Knowledge»*, en Feigl y Maxwell (eds.), *Minnesota Studies*, III.
- Brown, Harold I., *Harris on the Logic of Sciences: Dialectica*, 26 (1972) 227-246.
- , *Notes to the Tortoise: Personalist* 53 (1972) 104-109.
- , *Paradigmatic Propositions: American Philosophical Quarterly* 12 (1975) 85-90.
- , *Perception and Meaning*, en Nicholas Rescher (ed.), *Studies in the Philosophy of Mind*, Basil Blackwell, Oxford, 1972.
- , *Problem Changes in Science and Philosophy: Metaphilosophy* 6 (1975) 177-192.
- Brush, Stephen G., *Should the History of Science Be Rated X?: Science* 183 (1974) 1164-1172.
- Buck, Roger C., y Cohen, Robert S. (eds.), *Boston Studies in the Philosophy of Science VIII*, D. Reidel, Dordrecht, 1971.
- Bunge, M. (ed.), *The Critical Approach to Science and Philosophy*, Free Press, New York, 1964.
- (ed.), *Delaware Seminar in the Foundations of Physics*, Springer Verlag, New York, 1967.
- Burt, E. A., *The Metaphysical Foundations of Modern Science*, Doubleday, Garden City, 1954.
- Butterfield, Herbert, *The Origins of Modern Science*, rev. ed., Free Press, New York, 1957.
- Campbell, Norman Robert, *Foundations of Physics*, Dover, New York, 1957.
- , *What is Science?* Dover, New York, 1952.
- Carnap, Rudolf, *The Logical Foundations of Probability*, U. of Chicago Press, Chicago, 1962.
- , *The Methodological Character of Theoretical Concepts*, en Feigl and Scriven (eds.), *Minnesota Studies*, I.
- , *On the Application of Inductive Logic: Philosophy and Phenomenological Research* 8 (1947) 133-147.
- , [1966] *Fundamentación lógica de la Física*, trad. Néstor Míguez, Ed. Sudamericana, Buenos Aires, 1969.
- , *Testability and Meaning: Philosophy of Science* 3 (1936) 419-71, 4 (1937) 1-40.

- Clagett, Marshall (ed.), *Critical Problems in the History of Science*, U. of Wisconsin Press, Madison, 1959.
- , *Greek Science Antiquity*, Collier Books, New York, 1963.
- , *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, University of Wisconsin Press, Madison, 1959.
- Clark, Ronald W., *Einstein*, Avon, New York, 1972.
- Clavelin, Maurice, *The Natural Philosophy of Galileo*, trad. A. J. Pomerans, M.I.T. Press, Cambridge, 1974.
- Cohen, I. Bernard, *The Birth of a New Physics*, Doubleday, Garden City, 1960.
- Cohen, Robert S., y Seeger, Raymond J., *Ernst Mach, Physicist and Philosopher*, D. Reidel, Dordrecht, 1970.
- Cohen, Robert S., y Wartofsky, Marx W. (eds.), *Boston Studies in the Philosophy of Science*, I, D. Reidel, Dordrecht, 1963.
- , *Boston Studies in the Philosophy of Science*, II, D. Reidel, Dordrecht, 1965.
- , *Boston Studies in the Philosophy of Science*, III, D. Reidel, Dordrecht, 1968.
- , *Boston Studies in the Philosophy of Science*, IV, D. Reidel, Dordrecht, 1969.
- , *Boston Studies in the Philosophy of Science*, V, D. Reidel, Dordrecht, 1969.
- Colodny, Robert G. (ed.), *Beyond the Edge of Certainty*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1965.
- , *Frontiers of Science and Philosophy*, U. of Pittsburgh Press, Pittsburgh, 1962.
- , *Mind and Cosmos*, U. of Pittsburgh Press, Pittsburgh, 1966.
- , *The Nature and Function of Scientific Theories*, U. of Pittsburgh Press, Pittsburgh, 1970.
- , *Paradigms and Paradoxes*, U. of Pittsburgh Press, Pittsburgh, 1972.
- Collingwood, R. G., *An Autobiography*, Oxford U. Press, Oxford, 1939.
- , *An Essay on Metaphysics*, Oxford U. Press, Oxford, 1940.
- , *The Idea of Nature*, Oxford U. Press, New York, 1960.
- Conant, James Bryant (ed.), *Harvard Case Studies in Experimental Science*, 2 vols., Harvard University Press, Cambridge, 1956.
- Craig, William, *On Axiomatizability Within a System*: *Journal of Symbolic Logic* 18 (1953) 30-32.

- , *Replacement of Auxiliary Expressions*: Philosophical Review 65 (1956) 38-55.
- Crombie, Alistair (ed.), *Scientific Change*, Basic Books, New York, 1963.
- Dijksterhuis, E. J., *The Mechanization of the World Picture*, trad. C. Dikshoorn, Oxford U. Press, New York, 1969.
- Drake, Stillman, *Galilea Studies*, U. of Michigan Press, Ann Arbor, 1970.
- Dreyer, J. L. E., *A History of Astronomy from Thales to Kepler*, Dover, New York, 2^a 1953.
- Duhem, Pierre, *The Aim and Structure of Physical Theory*, trad. Philip P. Wiener, Atheneum, New York, 1962.
- Einstein, A., *Essays in Science*, Philosophical Library, New York, 1934.
- , *On the Electrodynamics of Moving Bodies*, en *The Principle of Relativity*, traducción de W. Perrett y G. B. Jeffery, Dover, New York.
- , *Relativity*, Crown Publishers, New York, 1961.
- Einstein, A., e Infeld, Leopold, [1961] *La física, aventura del pensamiento*, trad. Rafael Grinfeld, Losada, Buenos Aires, 1961.
- Farrington, B., [1961] *Ciencia griega*, trad. Enrique Molina y Vedia, y Hernán Rodríguez, con una nota preliminar de Hernán Rodríguez, Librería Hachette, Buenos Aires, 1957.
- Feigl, Herbert, *Beyond Peaceful Coexistence*, en Stuewer, *Minnesota Studies*, V.
- , *Logical Empiricism, Readings in Philosophical Analysis*, en Herbert Feigl y Wilfrid Sellars (eds.), *Readings in Philosophical Analysis*, Appleton, Century, Crofts, New York, 1949.
- , *The «Orthodox» View of Theories*, en Radner y Winokur, *Minnesota Studies*, IV.
- , *Some Major Issues and Developments in the Philosophy of Science of Logical Empiricism*, en Feigl y Scriven, *Minnesota Studies*, I.
- Feigl, Herbert, y Brodbeck, May (eds.), *Readings in the Philosophy of Science*, Appleton-Century-Crofts, New York, 1953.
- Feigl, Herbert, y Scriven, Michael, *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, I, U. of Minnesota Press, Minneapolis, 1956.
- Feigl, Herbert; Scriven, Michael, y Maxwell, Grover, *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, II, U. of Minnesota Press, Minneapolis, 1958.
- Feigl, Herbert, y Maxwell, Grover, *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, III, U. of Minnesota Press, Minneapolis, 1962.
- Feyerabend, Paul K., [1970] *Tratado contra el método*, trad. Diego Ribes, Ed. Tecnos, Madrid, 1982.

- , *Classical Empiricism*, en Robert E. Butts (ed.), *The Methodological Heritage of Newton*, U. of Toronto Press, Toronto, 1970.
- , *Explanation, Reduction, and Empiricism*, en Feigl y Maxwell, *Minnesota Studies*, III.
- , *On the «Meaning» of Scientific Terms*: *Journal of Philosophy* 62 (1965) 266-274.
- , [1970] *Filosofía de la ciencia: una materia con un gran pasado*, trad. R. Beneyto: Teorema IV/1 (1974), Valencia.
- , *Problems of Empiricism*, en Colodny, *Beyond the Edge of Certainty*.
- , *Problems of Empiricism: Part II*, en Colodny, *The Nature and Function of Scientific Theories*.
- French, A. P., *Mecánica newtoniana*, trad. José Casanova Colas, Reverte, Barcelona, 1978.
- Galileo, [1960] *El ensayador*, trad., prólogo y notas de J. M. Revuelta, Aguilar. Buenos Aires, 1981.
- , [1967] *Diálogo sobre los sistemas máximos*, 2 vols., trad., prólogo y notas de J. M. Revuelta, Aguilar, Buenos Aires, 1975.
- , [1968] *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*. edición preparada por Carlos Solís y Javier Sádaba, Editora Nacional. Madrid, 1976.
- , *Discoveries and Opinions of Galileo*, trad. Stillman Drake, Doubleday, Garden City, 1957.
- , *On Motion and On Mechanics*, trads. I. E. Drabkin y Stillman Drake, U. of Wisconsin Press, Madison, 1960.
- , *Two New Sciences*, trad. Stillman Drake, U. Wisconsin Press, Madison, 1974. Geymonat, Ludivico, *Galileo Galilei*, trad. Stillman Drake, McGraw-Hill, New York, 1965.
- Gillispie, Charles Coulton, *The Edge of Objectivity*, Princeton U. Press, Princeton, 1960.
- Goodman, Nelson, *Fact, Fiction, and Forecast*, Bobbs-Merrill, New York, 1965.
- Graham, Loren R., *Science and Philosophy in the Soviet Union*, Alfred A. Knopf, New York, 1972.
- Grant, Edward, *Physical Science on the Middle Ages*, John Wiley, New York, 1971. Grazia, A. de; Juergens, R., y Stecchini, L., *The Velikovsky Affair*, University Books, New York, 1966.
- Grosser, Morton, *The Discovery of Neptune*, Harvard U. Press, Cambridge, 1962.

- Hall, A. R., *From Galileo to Newton*, Harper and Row, New York, 1963.
- , *The Scientific Revolution*, Beacon Press, Boston, ²1966.
- Hallam, A., *A Revolution in the Earth Sciences*, Oxford U. Press, Oxford, 1973.
- Hanson, Norwood Russell, *The Concept of the Positrón*, Cambridge U. Press, Cambridge, 1963.
- , [1958-1971] *Patrones de descubrimiento. Observación y explicación*, versión de Enrique García Camarero y Antonio Montesinos, Alianza, Madrid, 1977.
- , *Perception and Discovery*, ed. de Willard C. Humphreys, Freeman-Cooper, San Francisco, 1969.
- Harré, Rom, [1967] *Introducción a la lógica de las ciencias*, trad. Juan Carlos García Borrón, presentación de Eli de Gortari, Labor, Barcelona, 1967.
- , *The Principles of Scientific Thought*, U. of Chicago Press, Chicago, 1970.
- Harris, Errol E., *Epicyclic Popperism*: *British Journal for the Philosophy of Science* 23 (1972) 55-67.
- , *Hypothesis and Perception*, George Allen & Unwin, London, 1970.
- Hempel, Carl G., [1965] *La explicación científica*, versión de M. Frassinetti de Gallo. Néstor Míguez, Irma Ruiz Ansed. C. S. Seibert de Yujnovsky, Paidós, Buenos Aires, 1979.
- , *Deductive-Nomological vs. Statistical Explanation*, en Feigl y Maxwell, *Minnesota Studies*, III.
- , *Fundamentals of Concept Formation in Empirical Science*, U. of Chicago Press. Chicago, 1952.
- , *On the «Standard Conception» of Theories*, en Radner y Winokur, *Minnesota Studies*, IV.
- , [1966] *Filosofía de la ciencia natural*, versión de Alfredo Deaño, Alianza, Madrid, ⁶1980.
- , *A Purely Syntactical Definition of Confirmation*: *Journal of Symbolic Logic* 8 (1943) 122-143.
- , *Studies in the Logic of Confirmation*: *Mind* 54 (1945) 1-26, 97-121.
- Hempel, Carl G., y Oppenheim, Paul, *Studies in the Logic of Explanation*: *Philosophy of Science* 15 (1948) 135-175.
- Hesse, Mary B., *Forces and Fields*, Littlefield-Adams, Totowa, 1965.
- , *Models and Analogies in Science*, U. of Notre Dame Press, Notre Dame, 1970.
- , *The Structure of Scientific Inference*, U. of California Press, Berkeley, 1974.

- Holton, Gerald, *Thematic Origins of Scientific Thought*, Harvard U. Press, Cambridge, 1973.
- Hooker, C. A., *Empiricism, Perception and Conceptual Change*: Canadian Journal of Philosophy 3 (1973) 59-75.
- , *On Global Theories*: Philosophy of Science 42 (1975) 152-179.
- , *Philosophy and Metaphilosophy of Science: Empiricism, Popperianism and Realism*: Synthese 32 (1975) 177-231.
- Hoyle, Fred, [1965] *El Universo: Galaxias, Núcleos y Quasars*, trad. Eugenio Fernández Vargas, Alianza, Madrid, 1967.
- , [1960] *La naturaleza del Universo*, trad. Ana Teresa Weyland, Compañía Gral. Fabril Editora, S. A., Buenos Aires, 1961.
- Hume, D., [1967] *Investigación sobre el conocimiento humano*, trad., prólogo y notas de Jaime de Salas Ortueta, Alianza, Madrid, 1981.
- , [1966] *Tratado de la naturaleza humana*, edición preparada por Félix Duque, Editora Nacional, Madrid, 1977.
- Humphreys, Willard C., *Anomalies and Scientific Theories*, Freeman-Cooper & Company, San Francisco, 1968.
- Jammer, Max, *The Conceptual Development of Quantum Mechanics*, McGraw-Hill, New York, 1966.
- , *Concepts of Force*, Harvard U. Press, Cambridge, 1957.
- , *Concepts of Mass*, Harvard U. Press, Cambridge, 1961.
- , *Concepts of Space*, Harvard U. Press, Cambridge, 2^a1970.
- Joergensen, Joergen, *The Development of Logical Empiricism*, U. of Chicago Press, Chicago, 1951.
- Kant, I., *Crítica de la razón pura*, prólogo, trad., notas e índices de Pedro Ribas, Alfaguara, Madrid, 1978.
- , *Metaphysical Foundations of Natural Science*, trad. James Ellington, Bobbs-Merrill, New York, 1970.
- Kisiel, Theodore, y Johnson, Galen, *New Philosophies of Science in the USA*: Zeitschrift fur allgemeine Wissenschaftstheorie 5 (1974) 138-191.
- Kordig, Carl R., *The Justification of Scientific Change*, Humanities Press, New York, 1971.
- Koyré, A., [1966] *Estudios galileanos*, trad. Mariano González Ambou, Siglo XXI, Madrid, 1980.
- , [1957] *Del mundo cerrado al Universo infinito*, trad. Carlos Solís Santos, Siglo XXI, Madrid, 1979.
- , *Metaphysics and Measurement*, Harvard U. Press, Cambridge, 1968.
- , *Newtonian Studies*, U. of Chicago Press, Chicago, 1965.

- Kuhn, Thomas, *The Caloric Theory of Adiabatic Compression*: Isis 49 (1958) 132-140.
- , [1957] *La revolución copernicana*, trad. Domenech Bergada, Ariel, Barcelona, 1979.
- , *The Essential Tension*, en Calvin M. Taylor (ed.), *Third University of Utah Research Conference on the Identification of Creative Scientific Talent*, U. of Utah Press, Salt Lake City, 1959.
- , [1969] *Notas sobre Lakatos*, trad. Francisco Hernán, en I. Lakatos y A. Musgrave (editores), *La crítica y el desarrollo del conocimiento*, Grijalbo, Barcelona, 1975.
- , [1970] *La estructura de las revoluciones científicas*, trad. Agustín Contín, Fondo de Cultura Económica, Madrid, 1975.
- Lakatos, Imre, [1968] *Cambios en el problema de la lógica inductiva*, trad. Diego Ribes, en I. Lakatos, *Matemáticas, ciencia y epistemología*, Alianza, Madrid, 1981.
- , [1972] *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*, trad. Diego Ribes, Ed. Tecnos, Madrid, ²1982.
- , [1963] *Pruebas y refutaciones*, versión de Carlos Solís, Alianza, Madrid, ²1982.
- Lakatos, L, y Musgrave, A. (eds.), [1970] *La crítica y el desarrollo del conocimiento*, trad. Francisco Hernán e introducción de Javier Muguerza, Grijalbo, Barcelona, 1974.
- Leonard, Henry S., *Review of Rudolph Carnap, «Testability and Meaning»*: Journal of Symbolic Logic 2 (1937) 49-50.
- Mach, Ernst, *The Science of Mechanics*, trad. Thomas J. McKormack, Open Court, La Salle, 1960.
- Machamer, Peter K., *Feyerabend and Galileo: The Interaction of Theories and the Reinterpretation of Experience*: Studies in the History and Philosophy of Science 4 (1973) 1-46.
- Masón, Stephen F., [1962] *Historia de las ciencias*, trad. Juan Godo Costa, Zeus, Barcelona, 1966.
- Medvedev, Zhores A., *The Rise and Fall of T. D. Lysenko*, trad. I. Michael Lerner, Doubleday, Garden City, 1971.
- Mises, Richard von, *Positivism*, Harvard U. Press, Cambridge, 1951.
- Naess, Arne, *The Pluralist and Possibilist Aspects of the Scientific Enterprise*, Universitetsforlaget, Oslo, 1972.

- Nagel, Ernest, *The Meaning of Reduction in the Natural Sciences*, en Arthur Danto y Sidney Morgenbesser (eds.), *Philosophy of Science*, Meridian Books, New York, 1960.
- , [1961] *La estructura de ta ciencia*, versión de Néstor Míguez, revisado por Gregorio Klimovsky, Paidos, Buenos Aires, 1968.
- Newton, Isaac, [1971] *Principios matemáticos de la filosofía natural y su sistema del mundo*, edición preparada por Antonio Escohotado, Editora Nacional, Madrid, 1982.
- , [1952] *Optica*, introducción, trad., notas e índice analítico por Carlos Solís, Alfaguara, Madrid, 1977.
- Palter, Robert M. (ed.), *Toward Modern Science*, E. P. Dutton, New York, 1969.
- Partington, James R., *A Short History of Chemistry*, Harper and Row, New York, 1960.
- Payne-Gaposchkin, Cecilia, *Nonsense, Dr. Velikovskyl*: Reporter 2 (14 de marzo de 1950) 37-40.
- Pearce, Glenn, y Maynard, Patrick (eds.), *Conceptual Change*, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1973.
- Platón, *Obras completas*. Traducción del griego, preámbulos y notas de María Araujo, Francisco G. Yagüe, Luis Gil, José A. Míguez, María Rico, Antonio Rodríguez Huáscar, Francisco de P. Samaranch; introducción a Platón por José A. Míguez; Aguilar, Madrid, ²1969.
- Polanyi, Michael, *Knowing and Being*, ed. Marjorie Grene, U. of Chicago Press, Chicago, 1969.
- , *The Logic of Liberty*, U. of Chicago Press, Chicago, 1951.
- , *Personal Knowledge*, Harper and Row, New York, 1964.
- , *Science, Faith and Society*, U. of Chicago Press, Chicago, 1946.
- , *The Tacit Dimensión*, Doubleday, Garden City, 1967.
- Popper, Karl, [1968] *El desarrollo del conocimiento científico*, versión de Néstor Míguez, Paidos, Buenos Aires, ²1979.
- , [1959] *La lógica de la investigación científica*, trad. Víctor Sánchez de Zavala, Ed. Tecnos, Madrid, ⁷1982.
- , [1972] *Conocimiento objetivo*, trad. Carlos Solís, Ed. Tecnos, Madrid, ²1982.
- Purtill, Richard L., *Kuhn on Scientific Revolutions: Philosophy of Science* 34 (1967) 53-58.
- Putnam, Hilary, *The Analytic and the Synthetic*, en Feigl y Maxwell, *Minnesota Studies*, vol. III.

- , *What Theories are Not*, en Ernest Nagel, Patrick Suppes y Alfred Tarski (eds.), *Logic, Methodology and Philosophy of Science*, Stanford U. Press, Palo Alto, 1962. Quine, Willard van Orman, [1961] *Desde un punto de vista lógico*, trad. Manuel Sacristán, Ariel, Barcelona, 1962.
- Radner, Michael, y Winokur, Stephen (eds.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, IV, U. of Minnesota Press, Minneapolis, 1970.
- Ramsey, F. P., *The Foundations of Mathematics*, Littlefield-Adams, Patterson, 1960.
- Ravetz, Jerome R., *Scientific Knowledge and its Social Problems*, Oxford U. Press, New York, 1971.
- Reichenbach, Hans, *Experience and Prediction*, U. of Chicago Press, Chicago, 1938.
- , [1966] *La filosofía científica*, trad. Horacio Flores Sánchez, Fondo de Cultura Económica, México, 1953.
- Rorty, Richard, *The World Well Lost*: *Journal of Philosophy* 67 (1972) 649-665.
- Rudner, Richard S., [1966] *Filosofía de la ciencia social*, versión de Dolores Cano, Alianza, Madrid, 1973.
- Russell, Bertrand, [1919] *Introducción a la filosofía matemática*, trad. Juan B. Molinari, anotada y revisada por Florentino D. Jaime, Losada, Buenos Aires, 1945.
- , [1957] *Misticismo y lógica*, versión de José Rovira Armengol, Paidós, Buenos Aires, ²1961.
- , [1937] *Los principios de la matemática*, trad. Juan Carlos Grimberg, Espasa-Calpe, Madrid, ³1977.
- Scriven, Michael, *Explanation and Prediction in Evolutionary Theory*: *Science* 130 (1959) 477-82.
- , *Explanations, Predictions, and Laws*, en Feigl y Maxwell, *Minnesota Studies*, 111. Schaffner, Kenneth F., *Outlines of a Logic of Comparative Theory Evaluation with Special attention to Pre- and Post-Relativistic Electrodynamics*, en Stuewer, *Minnesota Studies*, V.
- Scheffler, Israel, *The Anatomy of Inquiry*, Bobbs-Merrill, New York, 1963.
- , *Science and Subjectivity*, Bobbs-Merrill, New York, 1967.
- Schilpp, Paul Arthur (ed.), *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*, Open Court, LaSalle, 1949.
- (ed.), *The Philosophy of Karl Popper*, Open Court, LaSalle, 1974. Trad. parcial de Carmen García Trevijano en Popper, *Búsqueda sin término*, Ed. Tecnos, Madrid, 1977.

- (ed.), *The Philosophy of Rudolph Carnap*, Open Court, LaSalle, 1963.
- Sellars, Wilfrid, [1963] *Ciencia, percepción y realidad*, trad. Víctor Sánchez de Zavala, Ed. Tecnos, Madrid, 1971.
- Shapere, Dudley, *Galileo*, U. of Chicago Press, Chicago, 1974.
- , *Meaning and Scientific Change*, en Colodny, *Mind and Cosmos*.
- , *The Paradigm Concept: Science* 172 (1971) 706-709.
- (ed.), *Philosophical Problems of Natural Science*, Macmillan, New York, 1965.
- , *The Structure of Scientijic Revolutions: Philosophical Review* 73 (1964) 383-394.
- Shea, William R., *Beyond Logical Empiricims: Dialogue* 10 (1971) 223-242.
- , *Galileo's Intelectual Revolution*, Macmillan, London, 1972.
- Snow, C. P. [1962] *Ciencia y Gobierno*, trad. Manuel Escalera, Seix Barral, Barcelona, 1963.
- Stewart, John Q., *Disciplines in Collision: Harper's* 202 (junio 1951) 57-63.
- Stuewer, Roger H. (ed.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, V, U. of Minnesota Press, Minneapolis, 1970.
- Suppe, Frederick (ed.), [1974] *La estructura de las teorías científicas*, trad. Pilar Castrillo y Eloy Rada, Editora Nacional, Madrid, 1979.
- Swinburne, R. G., *The Paradoxes of Confirmation —A Survey: American Philosophical Quarterly* 8 (1971) 318-330.
- Toulmin, Stephen, *Foresight and Understanding*, Harper and Row, New York, 1961.
- , [1972] *La comprensión humana*, versión de Néstor Míguez, Alianza, Madrid, 1977.
- , *The Philosophy of Science*, Harper and Row, New York, 1953.
- (ed.), *Physical Reality*, Harper and Row, New York, 1970.
- Toulmin, Stephen, y Goodfield, June, [1961] *La trama de los cielos*, trad. Néstor Míguez, Eudeba, Buenos Aires, 1963.
- Velikovsky, Immanuel, *Worlds in Collision*, Macmillan, New York, 1950.
- Wartofsky, Marx W. (ed.), *Boston Studies in the Philosophy of Science*, I, D. Reidel, Dordrecht, 1963.
- , [1968] *Introducción a la filosofía de la ciencia*, 2 vols., trad. Magdalena Andreu, Francisco Carmona y Víctor Sánchez de Zavala, Alianza, Madrid, 21976.
- Weinberg, Julius R., *An Examination of Logical Positivism*, Harcourt, Brace and World, New York, 1936.

- Weisheipl, James A., *The Development of Physical Theory in the Middle Ages*, U. of Michigan Press, Ann Arbor, 1971.
- Westfall, Richard S., *The Construction of Modern Science*, John Wiley, New York, 1971.
- , *Newton and the Fudge Factor: Science 179 (1973) 751-758*.
- Whitehead, Alfred North, y Russell, Bertrand, *Principia Mathematica*, 3 vols., Cambridge U. Press, Cambridge, 1910-1913. Hay trad. en castellano hasta el 56 de J. Manuel Domínguez, Paraninfo, Madrid, 1981.
- Whittaker, Edmund, *A History of Theories of Aether and Electricity*, 2 vols., Harper and Row, New York, 1960.
- Wilson, J. Tuzo (ed.), *Continents Adrift*, W. H. Freeman, San Francisco, 1972.
- Wittgenstein, Ludwig, [1961] *Tractatus Logico-Philosophicus*, trad. Enrique Tierno Galván, Alianza, Madrid, 41980.
- Yourgrau, Wolfgang (ed.), *Physics, Logic and History*, Plenum Press, New York, 1970.
- Ziman, John, *Public Knowledge*, Cambridge U. Press, Cambridge, 1968.

Notas

CAPÍTULO 1

[1] David Hume, *A Treatise of Human Nature*, ed. L. A. Selby-Bigge, Oxford University Press, 1967, p. 1 [hay trad. en castellano: *Tratado de la naturaleza humana*, Ed. Nacional, Madrid, 1977],. <<

[2] *Ibíd.*, pp. 70-71. <<

[3] David Hume, *An Enquiry Concerning Human Understanding*, ed. L. A. Selby-Bigge, Oxford University Press, 1966, p. 25. <<

[4] Bertrand Russell, *Principles of Mathematics*, W. W. Norton, ²1937, p. xv
[hay traducción en castellano: *Los Principios de la matemática*, Espasa
Calpe, Madrid, ³1977]. <<

[5] Alfred North Whitehead y Bertrand Russell, *Principia Mathematica*, Cambridge University Press, 1962. p. 94. <<

[6] Bertrand Russell, *Introduction to Mathematical Philosophy*, George Allen & Unwin, 1919, p. 153. <<

[7] Ibid., pp. 204-205. <<

[8] *Ibíd*, p. 205. <<

[9] Ludwig Wittgenstein, *Tractatus Lógico-Philosophicus*, trad. por D. F. Pears y B. F. McGuinness, Routledge & Kegan Paul, 1961, I.I [hay trad. en castellano: *Tractatus Logico-Philosophicus*, Alianza, Madrid, 1980]; en todas las referencias al *Tractatus* se indicarán los números de proposición en lugar de los de página. <<

[10] *Ibíd.*, 12. <<

[11] *Ibíd.*, 1.21. <<

[12] *Ibíd.*, 6.37. <<

[13] *Ibíd.*, 4.21. <<

[14] *Ibíd.*, 4.211. <<

[15] *Ibíd.*, 1.2. <<

[16] *Ibíd.*, 2.01. <<

[17] Rudolph Carnap, *Testability and Meaning*: Philosophy of Science 3 (1936) 419-471, y 4 (1937) 1-40. Reimpreso con omisiones en Feigl y Brodbeck (eds.), *Readings in the Philosophy of Science*, Appleton-Century-Crofts, 1953, pp. 47-92. Todas las posteriores referencias a este ensayo se entienden hechas a la edición reimpresa. <<

[18] *Ibíd.*, p. 48. <<

[19] *Ibíd.*, pp. 63-65. <<

CAPÍTULO 2

[1] Alternativamente, podemos construir un cálculo abstracto con la intención de interpretarlo como un cálculo de confirmación, pero para llevar a cabo esta interpretación con respecto a cierto conjunto de enunciados tenemos que haber distinguido previamente dentro de dicho conjunto entre hipótesis y enunciados de instancias confirmadoras o desconfirmadoras. <<

[2] Carl G. Hempel, *Studies in the Logic of Confirmation*: Mind 54 (1945) 1-26, 97-121. Reimpreso con un comentario final en Carl G. Hempel, *Aspects of Scientific Explanation*, Free Press, 1965, pp. 3-51 (en adelante referido como *Aspects*); las referencias que se hagan en adelante se entenderán hechas a la versión de *Aspects*. Cf. Carl G. Hempel, *A Purely Syntactical Definition of Confirmation*: Journal of Symbolic Logic 8 (1943) 122-143.. <<

[3] *Aspects*, p. 10. <<

[4] El término «programa de investigación» está extraído de la obra de Imre Lakatos, aunque no hago uso de su análisis de la estructura de los programas de investigación. Cf. *Falsification and the Methodology of Research Programmes*, en I. Lakatos y A. Musgrave (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge University Press, 1970, pp. 91-195 [hay trad. en castellano: *La crítica y el desarrollo del conocimiento*, Grijalbo, Barcelona, 1974]. <<

[5] *Aspects*, pp. 10-11. Entre las dificultades mencionadas por Hempel en su discusión del criterio de Nicod se halla la de que dicho criterio no puede ser una caracterización completamente general de la relación de confirmación, puesto que vale sólo para proposiciones universalmente generales (ibíd., pp. 11-12). Omitiremos este punto aquí (como lo hace Hempel a lo largo de la mayor parte de su exposición) y nos limitaremos a la confirmación de las proposiciones universales. <<

[6] *Ibíd.*, p. 12. <<

[7] *Ibíd.* <<

[8] *Ibíd.*, p. 13. <<

[9] *Ibíd.*, p. 15. <<

[10] Nelson Goodman, *Fact, Fiction and Forecast*, Bobbs-Merril, 1965, pp. 70-71. <<

[11] R. G. Swinburne, *The Paradoxes of Confirmation —A Survey*: American Philosophical Quarterly 8 (1971) 318-330. <<

[12] *Aspects*, p. 18. <<

[13] *Ibíd.*, pp. 18-19. <<

[14] Ibid., pp. 19-20. <<

[15] Ibid., p. 20. <<

[16] Ibid. <<

[17] Esta afirmación será defendida extensamente en la parte segunda. <<

[18] Richard B. Angell, *The Boolean Interpretation is Wrong*, en Irving M. Copi y James A. Gould (eds.), *Readings on Logic*, Macmillan, 1972, p. 182. <<

[19] *Aspects*, p. 31. Esta es una «condición de consecuencia especial» en comparación con lo que Hempel llama la *condición de consecuencia*: «Si un informe de observación confirma todas y cada una de las oraciones de una clase *K*, entonces confirma también cualquier oración que sea una consecuencia lógica de *K*» (ibíd.). <<

[20] *Ibíd.*, p. 32. <<

[21] William Barrett, *On Dewey's Logic*: Philosophical Review 50 (1941) 312.

<<

[22] Aspects, p. 32. <<

[23] Rudolph Carnap, *The Logical Foundations of Probability*, University of Chicago Press, ²1962, pp. 474-475. <<

[24] Goodman, *Fact, Fiction and Forecast*, p. 74. <<

[25] Ibid., p. 81. <<

[26] Ibid., pp. 57-58. <<

[27] *Ibíd*, pp. 84-85. <<

[28] Cf. también *ibíd.*, pp. 70 y 75. <<

[29] *Ibíd.*, p. 94. <<

[30] *Ibíd.* <<

[31] Goodman previo la crítica en esta línea e incluyó una réplica en su argumento original: *ibíd.*, pp. 79-80. <<

CAPÍTULO 3

[1] Al introducir el término «datos sensibles» como sustituto de las «impresiones» humeanas, dejo de lado en realidad el significado de los términos de la psicología introspectiva que estaban incorporados en el análisis de Hume. Esto es plenamente coherente con el empirismo contemporáneo. <<

[2] Bertrand Russell, *The Relation of Sense-Data to Physics*, en *Mysticism and Logic*, Doubleday Anchor Books, 1957, p. 150. Merece la pena señalar que Russell considera necesario permitirse dos entidades inferidas: los datos sensibles del resto de la gente y lo que él denomina «sensibilia», es decir, los datos sensibles que aparecerían si hubiera un observador en cierta posición en la que da la casualidad de que no hay ninguno ahora (ibíd., p. 152). <<

[3] *Ibíd.*, p. 151. <<

[4] F. P. Ramsey, *Theories*, en *The Foundations of Mathematics*, Littlefield, Adams, 1960, pp. 212-236. <<

[5] R. B. Braithwaite, *Scientific Explanation*, Harper Torchbooks, 1960, cap. III [hay trad. en castellano: *La explicación científica*, Ed. Tecnos, Madrid, 1964]. <<

[6] Cf., por ejemplo, Israel Scheffler, *Science and Subjectivity*, Bobbs-Merril, 1967, pp. 39-41 y cap. 3, y Carl R. Kordig, *The Justification of Scientific Change*, Humanities Press, 1971, caps. 2 y 3. <<

[7] P. W. Bridgman, *The Logic of Modern Physics*, Macmillan, 1927, p. 5. <<

[8] *Ibíd.* <<

[9] *Ibíd.*, p. 10. <<

[10] *Ibíd.*, pp. 14-23. <<

[11] *Testability and Meaning*, pp. 52-53. <<

[12] Unos veinte años más tarde, Carnap escribió sobre *Testability and Meaning*: «En la época de este artículo yo creía aún que todos los términos científicos podían introducirse como términos disposicionales sobre la base de términos observacionales, bien por medio de definiciones explícitas, bien mediante las llamadas oraciones de reducción, que constituyen un género de definición condicional». Vid *The Methodological Character of Theoretical Concepts*, en Herbert Feigl y Michael Scriven (eds.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science I*, University of Minnesota Press, 1956. Como sugiere el pasaje citado, hacia 1956 Carnap ya no sostenía que los términos teóricos pudieran ser tratados como términos disposicionales (ibíd., pp. 66-69). <<

[13] Debe recordarse que P , Q , R , S y T son todos ellos predicados en las oraciones citadas, de manera que, estrictamente hablando, las oraciones de reducción deberían ser expresiones cuantificadas. (1), por ejemplo, se leería: $(x)(t)[Pxt \supset (Qxt \supset Rxt)]$, pero seguiré la práctica de Carnap de suprimir los cuantificadores, puesto que ello no da lugar a confusión en el presente contexto. <<

[14] *Testability and Meaning*, p. 63. <<

[15] *Ibíd.*, p. 53. <<

[16] Henry S. Leonard, *Review of Rudolph Carnap, «Testability and Meaning»*: *Journal of Symbolic Logic* 2 (1937) 50. <<

[17] *Fact, Fiction and Forecast*, p. 47. <<

[18] Carl G. Hempel, *Fundamentals of Concept Formation in Empirical Science*, University of Chicago Press, 1952, p. 24. <<

[19] *Ibíd.*, p. 23. <<

[20] *Ibíd.*, pp. 28-29. <<

[21] *Testability and Meaning*, p. 60. <<

[22] *Ibíd.*, p. 61. <<

[23] Carl G. Hempel, *Empiricist Criteria of Cognitive Significance: Problems and Changes*, en *Aspects*, pp. 114-115. <<

[24] La deducción es como sigue:

$$P \supset (Q \equiv R)$$

$$P \supset (Q \supset R)$$

$$P \cdot (Q \supset R) \quad (1)$$

$$A \supset (B \equiv R)$$

$$A \supset (B \supset R)$$

$$A \supset (B \supset R) \quad (2)$$

a partir de (1) y (2):

$$(P \cdot Q) \supset (A \supset B) \text{ o } (P \cdot Q \cdot A) \supset B$$

<<

[25] Cf. *Fundamentals of Concept Formation*, p. 80, n. 21. <<

[26] William Craig, *On Axiomatizability Within a System*: Journal of Symbolic Logic 18 (1953) 30-32. Vid. también William Craig, *Replacement of Auxiliary Expressions*: Philosophical Review 65 (1956) 38-55. Para exposiciones de la relevancia de este teorema en el problema de los conceptos teóricos en la ciencia, vid. Hempel, *Aspects*, 210-215; Ernest Nagel, *The Structure of Science*, Harcourt-Brace-World, 1961, pp. 134-137; Israel Scheffler, *The Anatomy of Inquiry*, Bobbs-Merrill, 1963, pp. 193-203. <<

[27] *Replacement of Auxiliary Expressions*, p. 39. <<

[28] *Ibíd.*, p. 49. <<

[29] *Ibíd.*, p. 41. <<

[30] Craig menciona que fue Hempel quien le aconsejó y le animó a escribir una exposición no-técnica del teorema (ibíd., p. 39). <<

[31] Otra tentativa de eliminar los términos teóricos se ha basado en un aparato formal introducido por Ramsey (*Theories*), pero no se añadirá una exposición detallada a las observaciones que ya han sido hechas. Baste decir que los empiristas que han tratado sobre ella no la han hallado más satisfactoria que el método de Craig. Vid. Hempel, *Aspects*, pp. 215-217, y Scheffler, *Anatomy of Inquiry*, pp. 203-222. <<

[32] Norman Robert Campbell, *Physics: The Elements*, 1920, reimpresso como *Foundations of Science*, Dover, 1957, pp. 122-129. Las referencias to son de la reimpresión. <<

[33] *Ibíd.*, pp. 123-124. Campbell llamó a las dos partes de una teoría la «hipótesis» y el «diccionario» (*ibíd.*, p. 122), pero seguiré usando el término habitual «reglas de correspondencia» para referirme al segundo. <<

[34] Herbert Feigl, *The «Orthodox» View of Theories*, en Michael Radner y Stephen Winokur (eds.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science IV*, University of Minnesota Press, 1970, p. 6. <<

[35] *Ibíd.*, p. 5. <<

[36] *Ibíd.*, p. 6. <<

[37] *Ibíd.*, p. 7. De igual manera, Braithwaite describe la relación entre términos observacionales y términos teóricos como «igual que un cierre de cremallera» (*Scientific Explanation*, p. 51). Merece la pena observar cuánto nos hemos alejado del proyecto original que rechazaba como carente de significado todo término del que no se pudiera dar una definición explícita precisa. En sus últimas versiones, la teoría empirista del significado ha sido reducida a una metáfora. <<

[38] Carl G. Hempel, *On the «Standard Conception» of Scientific Theories*, en *Minnesota Studies IV*, p. 159. <<

[39] *Ibíd.*, pp. 159-160. <<

[40] *Ibíd.*, pp. 143-144. <<

[41] Cf. Dudley Shapere, *Notes Toward a Post-Positivist Interpretation of Science*, en Peter Achinstein y Stephen F. Barker (eds.), *The Legacy of Logical Positivism*, Johns Hopkins University Press, 1969, p. 126: «Parece razonable preguntarse si ciertos problemas suscitados en el contexto de discusiones que descansan sobre la distinción teórica-observacional no habrán sido *creados, al menos en parte, por las limitaciones de dicha distinción técnica y las funciones para las cuales fue introducida. Si fuera así, habría que reconsiderar el carácter problemático de aquellos “problemas” planteados, a la luz de los fracasos del trasfondo a partir del cual surgieron*». No obstante, tengo que discrepar de la opinión de Shapere en el sentido de que dichos problemas serían «artificiales» (ibíd.) al haber sido generados por una distinción técnica. Esta distinción es la expresión de una tesis central de la epistemología empirista, y los problemas que genera son auténticos problemas que surgen de la decisión de analizar la ciencia desde el punto de vista de dicha epistemología. <<

[42] Hempel, *On the «Standard Conception» of Scientific Theories*, p. 162. Cf. Hilary Putnam, *What Theories Are Not*, en Ernest Nagel, Patrick Suppes y Alfred Tarski (eds.), *Logic, Methodology and Philosophy of Science*, Stanford University Press, 1962, p. 241. <<

[43] *On the «Standard Conception» of Scientific Theories*, p. 163. <<

CAPÍTULO 4

[1] Omito por el momento la explicación estadística, aunque ya veremos, cuando tratemos este tema, que la afirmación de que el modelo deductivo se toma como básico es aún válida en un sentido importante. <<

[2] Carl G. Hempel y Paul Oppenheim, *Studies in the Logic of Explanation*: *Philosophy of Science* 15 (1948) 135-175. Reimpreso con ciertos cambios y un comentario final de Hempel en *Aspects*, pp. 245-295. Las referencias son a la reimpresión. <<

[3] *Ibíd.*, pp. 248-249. <<

[4] Hempel modificó más tarde su posición en este punto distinguiendo entre explicaciones verdaderas y explicaciones más o menos confirmadas. Cf. *Deductive-Nomological vs. Statistical Explanation*, en Herbert Feigl y Grover Maxwell (eds.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science III*, University of Minnesota Press, 1962, p. 102; y *Aspects of Scientific Explanation*, en *Aspects*, p. 336. <<

[5] [En el original inglés no figura el pie de esta nota. *N. del E.*] <<

[6] Aspects, pp. 276-278 <<

[7] *Ibíd*, p. 277. <<

[8] La discusión posterior ha mostrado que esto no resolverá completamente el problema, puesto que sigue siendo posible construir otros resultados anómalos del mismo tipo mediante artificios simbólicos algo más complejos y, por supuesto, proponer otros medios un poco más complejos de eliminar estas otras anomalías. Vid. *Aspects*, pp. 283-295. Nuestra exposición no adelanta nada por considerar aquí los detalles de este debate posterior, pero es importante entender por qué el desarrollo de una discusión de este tipo se considera una aportación a la filosofía de la ciencia, esto es, entender la discusión en términos del marco de presuposiciones del empirismo lógico. <<

[9] *Aspects*, p. 249. <<

[10] *Ibíd.*, p. 277. <<

[11] *Ibíd.*, p. 249. <<

[12] El argumento que sigue es válido *a fortiori* si sólo se requieren premisas bien confirmadas. <<

[13] Cf., por ejemplo, Campbell, *Foundations of Science*, pp. 129-132, y Mary B. Hesse, *Models and Analogies in Science*, University of Notre Dame Press, 1970. <<

[14] *Aspects*, p. 445. <<

[15] *Ibíd.*, p. 439. <<

[16] *Ibíd.*, pp. 440-441. <<

[17] Rom Harré, *The Principles of Scientific Thought*, University of Chicago Press, 1970, p. 15. Harré propone describir una completa revolución en la filosofía de la ciencia, de acuerdo con la cual los modelos son esenciales para las teorías, y la creación de sistemas deductivos tiene sólo valor heurístico. <<

[18] No trato de decir que ésta sea una solución adecuada al problema, sino sólo que es la solución que se utiliza implícitamente. Ha de observarse que Hempel, en su discusión con Campbell, sí propone una solución: «Una teoría científica que merezca la pena explica una ley empírica mostrando que es un aspecto de ciertas regularidades subyacentes más amplias, que tienen toda una serie de otros aspectos contrastables, es decir, que también implican otras varias leyes empíricas» (*Aspects*, p. 444). Pero esta propuesta es enteramente consistente con el criterio de predicción e incluso ha de ser complementada con ese mismo criterio a fin de eludir el problema mismo que hemos venido discutiendo. <<

[19] *Aspects*, p. 367. <<

[20] Michael Scriven, *Explanation and Predicción in Evolutionary Theory*:
Science 130 (1959) 480. <<

[21] *Aspects*, pp. 369-370. <<

[22] Michael Scriven; *Explanations, Predictions, and Laws*, en *Minnesota Studies III*, pp. 192-193. <<

[23] *Ibíd.*, p. 205. <<

[24] May Brodbeck, *Explanation, Predicción and «Imperfect» Knowledge*, en *Minnesota Studies III*, pp. 231-272. <<

[25] *Ibíd.*, p. 250. <<

[26] *Anatomy of Inquiry*, p. 35. <<

[27] *Ibíd.* <<

[28] *Ibíd.*, pp. 40-42. <<

[29] La cuestión de si la explicación tiene que ser deductiva resulta importante tanto para la práctica de la ciencia como para la filosofía de la ciencia. Un científico que sostenga que las explicaciones han de ser deductivas considerará un caso de explicación no-deductiva como la del ataque cardíaco de Jones en tanto que ocasión para seguir investigando, mientras que otro que sostenga que las explicaciones estadísticas son suficientes puede muy bien concluir que ya no hay nada más que hacer en dicho caso. Este es esencialmente, por supuesto, el género de situación puesta en juego por la negativa de ciertos físicos contemporáneos a aceptar como completa la física estadística proporcionada por la teoría cuántica. <<

[30] *Aspects*, pp. 383. <<

[31] Cf. «Resulta inquietante que podamos decir: No importa si estamos informados de que el acontecimiento en cuestión [...] ocurrió o de que no ocurrió; podemos proporcionar una explicación del referido resultado en cada caso; y una explicación, además, cuyas premisas son enunciados científicamente establecidos que confieren una alta probabilidad lógica al resultado referido» (Hempel, *Aspects*, p. 396). Hempel ha discutido este problema extensamente en una serie de publicaciones: por ejemplo, *Inductive Inconsistencies*, en *Aspects*, pp. 53-67; *Deductive-Nomological vs. Statistical Explanation*, pp. 128-149; *Aspects of Scientific Explanation*, en *Aspects*, pp. 394-403. Cf. S. F. Barker, *Induction and Hypothesis*, Cornell University Press, 1957, pp. 75-78. <<

[32] *Aspects*, p. 393. <<

[33] *Ibíd.*, p. 58. <<

[34] *Ibíd.*, p. 395. Hay al menos otra razón de que la ambigüedad se considere problemática: el resultado de las dos explicaciones es que tanto E como $\sim E$ tienen una alta probabilidad, mientras que la suma de estas probabilidades ha de ser uno. Cf. Hempel, *Deductive-Nomological vs. Statistical Explanation* p. 140. Pero ha de observarse que Hempel sólo menciona de pasada este aspecto del problema en su ensayo de 1962 y no desempeña ningún papel en su exposición de 1965 (*Aspects*, pp. 380-412). Parece bastante claro que lo que más interesa a Hempel es la comparación con la deducción. <<

[35] Cf. nota 1 de este capítulo. <<

[36] *Logical Foundations of Probability*, p. 211. Cf. también Rudolph Carnap, *On the Application of Inductive Logic: Philosophy and Phenomenological Research* 8 (1947) 138-139. <<

[37] *Deductive-Nomological vs. Statistical Explanation*, p. 124. <<

[38] *Ibíd.* <<

[39] Ernest Nagel, *The Meaning of Reduction in the Natural Sciences*, en Arthur Danto y Sidney Morgenbesser (eds.), *Philosophy of Science*, Meridian Books, 1960, pp. 290-291. Cf. también Hans Reichenbach, *The Rise of Scientific Philosophy*, University of California Press, 1966, p. 101. Reichenbach ni siquiera menciona la necesidad de condiciones delimitadoras.
<<

[40] La relación entre la mecánica newtoniana y la teoría de la relatividad será examinada extensamente en los capítulos octavo y noveno. <<

[41] Cf. Karl Popper, *The Aim of Science*, en *Objective Knowledge*, Oxford University Press, 1972, pp. 200-201 [hay trad. en castellano: *Conocimiento objetivo*, Editorial Tecnos, Madrid, ²1982]. <<

[42] *Aspects*, p. 344. Vid. también *Deductive-Nomological vs. Statistical Explanation*, pp. 100-101, para un enfoque anterior de esta posición. Allí afirma todavía Hempel que la ley de Galileo puede ser deducida a partir de la de Newton, pero menciona, en una nota a pie de página, que esto no es correcto. En el texto posterior que he citado proporciona la relación correcta entre las dos leyes, pero introduce la noción de una «explicación D-N aproximativa» tratando de habérselas con la anomalía con los mínimos cambios en la base de presuposiciones. <<

[43] *Deductive-Nomological vs. Statistical Explanation*, p. 108. <<

[44] Los intentos de Hempel y Nagel de salvar las leyes de Kepler y Galileo de la refutación servirán, desde luego, como primera ilustración de este punto; la amplia exposición de la relación entre la dinámica newtoniana y la relativista en el capítulo octavo servirá como segundo ejemplo. <<

[45] Hans Reichenbach, *Experience and Prediction*, University of Chicago Press, 1938, p. vi. <<

[46] *Ibíd.*, p. 16. Las cursivas son mías. <<

[47] *Rise of Scientific Philosophy*, p. 170. <<

[48] *Ibíd.*, p. 173. <<

[49] *Ibíd.* <<

[50] *Aspects*, p. 248. <<

[51] *Ibíd.*, pp. 248-249. <<

[52] *Deductive-Nomological vs. Statistical Explanation*, p. 120; *Aspects*, p. 338. <<

[53] *The Structure of Science*, p. 43. <<

[54] *Ibíd.* <<

[55] Herbert Feigl, *Beyond Peaceful Coexistence*, en Robert H. Stuewer (ed.), *Minnesota Studies V*, 1970, p. 9. <<

[56] *Ibíd.*, p. 3. <<

CAPÍTULO 5

[1] Karl R. Popper, *The Logic of Scientific Discovery*, Harper Torchbooks, 1968, publicada originalmente en 1935 como *Logik der Forschung* [hay trad. en castellano: *La lógica de la investigación científica*. Ed. Tecnos, Madrid. 71982]. Las referencias son a la traducción inglesa, que abreviaremos como *LSD*. <<

[2] Vid., por ejemplo, Alfred Jules Ayer, *Language, Truth and Logic*, Dover, 1946, p. 38 [hay trad. en castellano: *Lenguaje, verdad y lógica*, Martínez Roca, Barcelona, ³1977]; Reichenbach, *Experience and Prediction*, p. 88. <<

[3] Vid., *infra*, pp. 112-114. <<

[4] *LSD*, p. 34. <<

[5] *Ibíd.*, pp. 35-37. Cf. también p. 40, n. *3. El asterisco indica que la nota fue añadida en la edición inglesa de 1954. <<

[6] *Ibíd.*, pp. 28-30 <<

[7] *Ibíd.*, p. 33. <<

[8] *Ibíd.*, pp. 40-41. <<

[9] *Ibíd.*, p. 268. <<

[10] Karl R. Popper, *Conjectures and Refutations*, Harper Torchbooks, 1968, p. 36. <<

[11] Ibíd, p. 38. <<

[12] *LSD*, p. 69. <<

[13] *Ibíd*, pp. 112-113. <<

[14] *Ibíd*, pp. 270-272. <<

[15] *Ibíd.*, p. 279. <<

[16] *Ibíd.*, pp. 265-269. <<

[17] *Ibíd.*, p. 268. Más recientemente, Popper ha cambiado su posición sobre esta cuestión y ha tratado de construir una fórmula para calcular grados numéricos de corroboración (*ibíd.*, apéndice IX). De acuerdo con su fórmula, el grado de corroboración es una función de probabilidades, pero él mismo no es una probabilidad. Popper se ha acercado un poco, por tanto, a los empiristas lógicos, mientras que sus intérpretes recientes se han alejado de ellos. Imre Lakatos, por ejemplo, —se refiere a su fórmula para calcular grados de corroboración como «sólo un curioso desliz que desentona con su filosofía». Imre Lakatos, *History of Science and its Rational Reconstructions* VIII, Reidel, 1971, p. 128 [hay trad. en castellano: *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*, Ed. Tecnos, Madrid, 1982. <<

[18] *LSD*, p. 31. <<

[19] Ibíd, p. 43. <<

[20] Vid, en particular, la obra de Imre Lakatos: *Changes in the Problems of Inductive Logic*, en Imre Lakatos (ed.), *The Problem of Inductive Logic*, North Holland, 1968; *Falsification and the Methodology of Research Programmes; Popper on Demarcation and Induction*, en P. A. Schilpp (ed.), *The Philosophy of Sir Karl Popper*, Open Court, 1974. <<

[21] *LSD*, p. 50. Se observará que la frase «o estricta refutación» no aparecía en el texto original, sino que fue añadida a la edición inglesa porque —dice Popper— se le ha malinterpretado muy a menudo como si sostuviera una doctrina de la falsabilidad concluyente (ibíd., n. *1). <<

[22] Vid. capítulo séptimo. <<

[23] *LSD*, pp. 43-44. <<

[24] *Ibíd.*, p. 104. <<

[25] *Ibíd.*, p. 108. <<

[26] *Ibíd.*, p. 109. <<

[27] *Ibíd.*, p. 109. <<

[28] *Ibíd.* <<

[29] Ibid., pp. 86-87. Lakatos malinterpreta coherentemente este pasaje como si dijera que un enunciado básico que refute una teoría ha de ser apoyado por una hipótesis falsadora confirmada (*Falsification and the Methodology of Research Programmes*, p. 108 y otra vez en la p. 127). Esta es la posición opuesta a la de Popper. <<

[30] *LSD*, p. 100. <<

[31] *Falsification and the Methodology of Research Programmes* <<

[32] *History of Science and its Rational Reconstructions* [*Historia de la ciencia y sus reconstrucciones*]. Según Lakatos, el historiador intelectualmente honesto ha de informar en las notas a pie de página de la evidencia contraria a su reconstrucción racional de la historia, pero no tiene por qué permitir que esta evidencia afecte a su reconstrucción (ibíd., p. 107).
<<

[33] *LSD*, p. 50, n. *1. <<

[³⁴] Vid., por ejemplo, A. J. Ayer, *Logical Positivism*, Free Press, 1959, pp. 13-14 [hay trad. en castellano: *El positivismo lógico*, F. C. E., Madrid, 1977]. <<

[35] *The «Orthodox» View of Theories*, p. 6. <<

[36] Vid., por ejemplo, Norwood Russell Hanson, en Willard C. Humphreys (ed.), *Perception and Discovery*, Freeman-Cooper, 1969, *Editor's Epilogue*, p. 427. <<

[37] Stephen Toulmin, *Human Understanding*, Princeton University Press, 1972, p. 101 [hay trad. en castellano: *La comprensión humana*, Alianza, Madrid, 1977]. <<

CAPÍTULO 6

[1] Feigl, *The «Orthodox» View of Theories*, p. 5. Feigl atribuye esta metáfora a Schlick, Carnap, Hempel y Margenau. <<

[2] *Perception and Discovery*, p. 61. <<

[3] Pierre Duhem, *The Aim and Structure of Physical Theory*, trad. inglesa de Philip P. Wiener, Atheneum, 1962, p. 145. <<

[4] Norwood Russell Hanson, *Patterns of Discovery*, Cambridge University Press, 1958, p. 4 [hay trad. en castellano: *Patrones de descubrimiento*, Alianza, Madrid, 1977]. <<

[5] No concedo la existencia de datos sensibles libres de teoría, pero no hay por qué plantear esa difícil y compleja cuestión aquí. Para nuestros propósitos basta con mostrar que, aun si hubiera tales datos, no podrían servir como objetos de conocimiento científico ni desempeñar papel alguno en la solución de las disputas científicas. <<

[6] Cf. Hanson, *Patterns of Discovery* [*Patrones de descubrimiento*], pp. 5-8.
<<

[7] Cf. Kordig, *The Justification of Scientific Change*, pp. 16-19, para una versión reciente de este argumento. <<

[8] Merece la pena observar que es un tanto suicida tratar de defender el análisis empirista tradicional de la percepción científica apelando a la *teoría* astronómica más reciente para que decida qué fue lo que Kepler y Brahe vieron realmente. <<

[9] Thomas S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, ²1970, p. 114 [hay trad. en castellano: *La estructura de las revoluciones científicas*, F. C. E., Madrid, 1975]. La intención de Kuhn en este pasaje es mostrar que el cambio de *gestalt* y otros ejemplos de la psicología son meramente indicativos y resultan fundamentalmente diferentes de los casos que se plantean en la ciencia, puesto que en el experimento psicológico tenemos un «modelo externo» (ibíd.) que podemos invocar para mostrar que en todo el tiempo se está observando el mismo objeto, mientras que no tenemos semejante modelo externo en el caso científico. Argüiré que tampoco tenemos dicho modelo externo en el caso del cambio de *gestalt*. <<

[10] La exposición que sigue se basa fielmente en el análisis que Hanson hace del *ver que*. Cf. *Patterns of Discovery*, cap. 1, especialmente pp. 19-30, y *Perception and Discovery*, caps. 6, 7 y 8. <<

[11] Así pues, *ver como* es un caso especial de *ver que*; ver un objeto como un galvanómetro es ver que es un galvanómetro. <<

[12] *Patterns of Discovery* [*Patrones de descubrimiento*], p. 20. <<

[13] *Ibíd.*, p. 59. <<

[14] Cf. mi *Perception and Meaning*: American Philosophical Quarterly, Monograph 6 (1972) 1-9. <<

[15] *Perception and Discovery*, p. 246. <<

[16] Vid. cap. octavo para una exposición más detallada del papel que desempeñan las teorías aceptadas en la génesis de problemas. <<

[17] Vid., *supra*, p. 60. <<

[18] *Logic of Scientific Discovery* [*Lógica de la investigación científica*], pp. 93-94. <<

[19] Cf., *supra*, pp. 120-122. <<

[20] Vid., *supra*, p. 110. <<

[21] Cf. Richard Rorty, *The World Well Lost*: Journal of Philosophy 69 (1972) 650. <<

[22] Una defensa adecuada de este enfoque exigiría otro libro entero. He hecho una primera tentativa en el sentido de desarrollar una teoría de la percepción en esta línea en *A Causal Theory of Perception*, tesis doctoral inédita, Northwestern University, 1970. <<

[23] *Structure of Scientific Revolutions* [*Estructura de las revoluciones científicas*], p. 118. <<

[24] Volveremos sobre el problema del relativismo en el capítulo décimo. <<

CAPÍTULO 7

[1] E. N. da C. Andrade, *Sir Isaac Newton*, Doubleday, 1954, p. 39. <<

[2] *Rise of Scientific Philosophy*, pp. 101-102. <<

[3] Andrade, *Sir Isaac Newton*, pp. 40-41; A. R. Hall, *The Scientific Revolution*, Beacon Press, ²1966, pp. 267-268. <<

[4] Stephen F. Mason, *A History of the Sciences*, Collier Books, 1962, pp.199-200 [hay trad. en castellano: *Historia de las ciencias*, Zeus, Barcelona, 1966]. <<

[5] Sir Isaac Newton, *Principia*, trad. inglesa de Andrew Motte revisada por Florian Cajori, University of California Press, 1971, p. 147. Mucho más adelante en los *Principia*, Newton mantuvo que había resuelto el problema y descubierto que la discrepancia era debida a «una causa que no puedo detenerme a explicar aquí» (ibíd., p. 435). Cajori indica que Newton nunca proporcionó una explicación, aun cuando Pemberton, editor de la tercera edición, le pidió «un breve apunte» de la solución (ibíd., p. 649). <<

[6] *Ibíd.*, p. 650. Cf. también Kuhn, *Structure of Scientific Revolutions* [*Estructura de las revoluciones científicas*], p. 81. <<

[7] Thomas S. Kuhn, *The Caloric Theory of Adiabatic Compression*: Isis XLIX (1958) 136-137. Cf. también Richard S. Westfall, *Newton and the Fudge Factor*: Science 179 (1973) 752-754. El artículo de Westfall es una fascinante exposición de una serie de discrepancias entre teoría y observación en la primera edición de los *Principia* y de la manera en que Newton manipuló las cifras para mejorar el acuerdo aparente en las ediciones posteriores. Ha de observarse que la fuerza gravitatoria sobre la Luna es una de las cifras que, según Westfall, fue alterada por Newton. <<

[8] Para una información detallada, vid. Morton Grosser, *The Discovery of Neptune*, Harvard University Press, 1962. <<

[9] Stephen Toulmin y June Goodfield, *The Fabric of the Heavens*, Harper Torchbooks, 1961, pp. 254-255. <<

[10] *Structure of Scientific Revolutions*, caps. II-V. <<

[11] Margaret Masterman, *The Nature of a Paradigm*, en *Criticism and the Growth of Knowledge* [*La crítica y el desarrollo del conocimiento*], pp. 61-65. Cf. también Dudley Shapere, *The Structure of Scientific Revolutions*: *Philosophical Review* 73 (1964) 388; Richard L. Purtill, *Kuhn on Scientific Revolutions*: *Philosophy of Science* 34 (1967) 53; Israel Scheffler, *Science and Subjectivity*, p. 88. <<

[12] En sus escritos más recientes, Kuhn ha trazado una distinción entre los paradigmas como logros concretos en torno a los cuales cristaliza un estilo de investigación científica y los paradigmas como todo el conjunto de creencias, técnicas, etc., que una comunidad científica comparte (*Structure of Scientific Revolutions* [*Estructura de las revoluciones científicas*], p. 175). En el primero de estos sentidos, *Principia Mathematica* es el paradigma del empirismo lógico. El segundo sentido, que Kuhn prefiere ahora llamar la «matriz disciplinar» (ibíd., p. 182), ha de ser dividido ulteriormente en un sentido epistémico y un sentido sociológico. Este último alude a los compromisos compartidos que crean una comunidad científica; el primer sentido alude al papel que desempeñan las teorías al guiar la investigación, sea la investigación de una persona o la de una comunidad. Es el aspecto epistémico de los paradigmas el que nos interesa aquí. En cuanto a la legitimidad de considerar la investigación de acuerdo con una teoría como la característica definitoria de la ciencia normal, Kuhn, al introducir el término «matriz disciplinar», escribe: «Los propios científicos dirían que comparten una teoría o un conjunto de teorías, y me daré por satisfecho si el término puede recuperarse en última instancia para este uso. Tal como se utiliza habitualmente en filosofía de la ciencia, sin embargo, “teoría” connota una estructura mucho más limitada en naturaleza y alcance de la que se exige aquí» (*Structure of Scientific Revolutions* [*Estructura de las revoluciones científicas*], p. 182). El «uso habitual» al que se refiere Kuhn es el de los empiristas lógicos. Ha de quedar sobradamente claro que al usar el término «teorías» aquí no me restrinjo a su sentido de cálculos no-interpretados y reglas de correspondencia. <<

[13] Marshall Clagett, *Greek Science in Antiquity*, Collier Books, 1963, pp. 114-116. <<

[14] E. A. Burtt, *The Metaphysical Foundations of Modern Science*, Doubleday Anchor, 1954, pp. 37-38. <<

[15] Galileo, *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems*, trad. inglesa de Stillman Drake, University of California Press, 1967, pp. 372-373. <<

[16] Thomas S. Kuhn, *The Copernican Revolution*, Vintage Books, 1957, cap. 2 [hay trad. en castellano: *La revolución copernicana*, Ariel, Barcelona, 1979]. <<

[17] Wallace Arthur y Saul K. Fenster, *Mechanics*, Holt, Rinehart, Winston, 1969, p. 386. <<

[18] *Ibíd.*, pp. 387-388. <<

[19] Elogiando a aquellos que sostenían el movimiento de la Tierra, escribió Galileo: «No puedo admirar nunca lo bastante la notable perspicacia de aquellos que han hecho suya esta opinión y la han aceptado como verdadera; han hecho tal violencia a sus propios sentidos con la pura fuerza del intelecto como para preferir lo que la razón les mandaba a lo que la experiencia sensible mostraba llanamente en contra» (*Dialogue on the Two World Systems*, p. 328). Y un poco más adelante, en respuesta a la indicación de que hubiera sido un gran placer para Copérnico ver su sistema confirmado por las observaciones de Galileo con el telescopio: «Sí, pero ¡cuánto menos celebrado sería este sublime intelecto entre los sabios! Pues, como he dicho antes, podemos ver que con la razón como guía él siguió afirmando resueltamente aquello que la experiencia sensible parecía contradecir» (ibíd., p. 339). A lo largo del *Diálogo*, Galileo reconoce que es Simplicio, el aristotélico, quien tiene el abrumador cuerpo de experiencia a su favor. Para un amplio análisis de este punto, vid. Paul K. Feyerabend, *Against Method*, en *Minnesota Studies in the Philosophy of Science* IV, pp. 17-130 [hay trad. en castellano: *Tratado contra el método*, Ed. Tecnos, Madrid, 1982], y *Problems of Empiricism*, en Robert G. Colodny (ed.); *The Nature and Function of Scientific Theories*, University of Pittsburgh Press, 1970, pp. 275-353. Una crítica detallada del análisis de Feyerabend se desarrolla en Peter K. Machamer, *Feyerabend and Galileo. The Interaction of Theories and the Reinterpretation of Experience: Studies in the History and Philosophy of Science* 4 (1973) 1-46. <<

[20] Francis Bacon, *The New Organon*, Bobbs-Merrill, 1960, pp. 47-66. <<

[21] *Ibíd.*, pp. 131-132. Una indicación de lo difícil que encuentra incluso Bacon atenerse a la pura observación puede verse en el hecho de que su lista incluya: «Animales, especialmente y en todas las épocas interiormente; aunque en los insectos el calor no sea perceptible al tacto en razón de lo pequeño de su tamaño» (*ibíd.*). <<

[22] Cf. Karl Popper, *Conjectures and Refutations*, pp. 46-47, y *Objective Knowledge* [Conocimiento objetivo], p. 259. <<

[23] Emmanuel Kant, *Crítica de la razón pura*, Alfaguara, Madrid, 1978. <<

[24] Kant distingue entre «sentido interno» y «sentido externo». Observamos acontecimientos en nuestra propia corriente de conciencia por medio del sentido interno y los objetos del sentido interno se sitúan sólo en el tiempo, no en el espacio. No nos interesa en este momento seguir más lejos esta discusión. <<

[25] Hay una tercera facultad de la mente, la razón, que proporciona ideas reguladoras que guían la investigación científica aun cuando no tenemos fundamento para creer que la realidad de la que poseemos experiencia se conforme a dichas ideas. Este no es el género de presuposición que nos interesa aquí. Sólo nos interesan aquellas presuposiciones que forman parte de la ciencia y que los científicos consideran verdaderas. <<

[26] Pues los paradigmas de Kuhn desempeñan el mismo doble papel de estructurar tanto la investigación como el mundo del que el científico tiene experiencia. Cf. «He sostenido hasta aquí sólo que los paradigmas son constitutivos de la ciencia. Ahora deseo exponer un sentido en el cual son constitutivos, asimismo, de la naturaleza» (*Structure of Scientific Revolutions* [*Estructura de las revoluciones científicas*], p. 110). <<

[27] R. G. Collingwood, *An Autobiography*, Oxford University Press, 1939, cap. V, y *An Essay on Metaphysics*, Oxford University Press, 1940, caps. V-VII. La teoría de las presuposiciones de Collingwood no está ni por asomo tan bien acabada como la de Kant. <<

[28] *Essay on Metaphysics*, p. 32. <<

[29] «Las presuposiciones absolutas de cualquier sociedad dada, en cualquier fase dada de su historia, forman una estructura que está sometida a “tensiones” de mayor o menor intensidad que son “encajadas” de diversas formas, pero nunca aniquiladas. Si las tensiones son demasiado grandes, la estructura se derrumba y es reemplazada por otra, que será una modificación de la vieja estructura con la tensión destructiva suprimida [...]» (ibíd., p. 48).
<<

[30] R. G. Collingwood, *The Idea of Nature*, Oxford University Press, 1960, pp. 3-10. <<

[31] Cf. mi *Paradigmatic Propositions*: American Philosophical Quarterly 12 (1975) 85-90. <<

[32] *The Aim and Structure of Physical Theorie*, cap. VI. <<

[33] Willard Van Orman Quine, *Two Dogmas of Empiricism*, en *From a Logical Point of View*. Harper Torchbooks, 1961, p. 41. <<

[34] Cf. mis *Notes to the Tortoise: The Personalist* 53 (1972) 104-109. <<

[35] *Personal Knowledge*, Harper Torchbooks, 1964, p. 1. <<

[36] Cf. *Structure of Scientific Revolutions* [*Estructura de las revoluciones científicas*], cap. X. <<

CAPÍTULO 8

[1] Aristóteles, *On the Heavens*, 296b, W. K. C. Guthrie, Harvard University Press, 1939, pp. 243-247. <<

[2] Aristóteles, *Physics*, 267a, trad. inglesa de R. P. Hardie y R. K. Gaye, en Richard McKeon, *The Basic Works of Aristotle*, Random House, 1941, p. 392. La explicación de Aristóteles era lo bastante sutil como para evitar la objeción de que no explicaba qué es lo que mantiene al aire en movimiento: la capacidad de mover objetos es comunicada por la cuerda de arco del aire «el cual está naturalmente adaptado para comunicar y experimentar el movimiento» (ibíd.), de modo que, aun cuando cada porción de aire deja de moverse en cuanto el móvil se aleja, todavía puede mover ¡a porción de aire contigua. <<

[3] Estrictamente hablando, los antiguos y medievales usaban el término «planeta» para los objetos celestes, incluidos el Sol y la Luna, que se mueven con relación a las estrellas fijas. Esto tendrá cierta importancia más adelante, pero por el momento seguiré usando «planeta» en el sentido moderno de la palabra. <<

[4] Cf. cap. séptimo, p. 130. <<

[5] I. Bernard Cohen, *The Birth of a New Physics*, Anchor Books, 1960, p. 39.

<<

[6] Stephen Toulmin, *Foresight and Understanding*, Harper Torchbooks, 1961, caps. 3-4. <<

[7] *Science and Subjectivity*, p. 57. <<

[8] Cf. Galileo, *Dialogue on the Two World Systems*, p. 117; E. J. Dijksterhuis, *The Mechanization of the World Picture*, trad. inglesa de C. Dikshoorn, Oxford University Press, 1969, p. 34. <<

[9] *On the Heavens*, 308a, p. 329; 311a, p. 353. <<

[10] *Physics*, 208c, p. 270. <<

[11] *Dialogue on the Two World Systems*, pp. 33-34. <<

[12] Un análisis más detallado mostraría una serie de cambios en el sentido del concepto, teniendo cada versión más cosas en común con aquellas versiones entre las cuales cae que con cualquiera de las demás. Por ejemplo, para Copérnico, la noción de movimiento circular uniforme formaba parte aún del concepto de planeta. Galileo sostenía que, puesto que todos los movimientos naturales son circulares, no hay nada en el movimiento circular que lo haga privativo de los planetas. A continuación, de mala gana y con gran dificultad, logró Kepler concebir el movimiento planetario como no-circular. (Para una discusión detallada, vid. Hanson, *Patterns of Discovery* [*Patrones de descubrimiento*], pp. 74-76). Una serie continua de cambios podría conducir finalmente a una situación en la que una versión contemporánea de un concepto y su versión más antigua no tuvieran ningún aspecto común identificable, como lo indica el siguiente ejemplo reciente: «Cuando el *Pioneer 10* dio la vuelta a Júpiter la última semana, envió fotos espectaculares del enorme planeta rojo y confirmó que, en muchos aspectos, Júpiter apenas parece un planeta en absoluto» (W. D. Metz, *By Júpiter!*: Science 182 [1973] 1235). Es evidente que, para Aristóteles, Ptolomeo, Galileo, Newton y Leverrier, la idea misma de que Júpiter pudiera no ser un planeta habría sido un completo absurdo, como para Ptolomeo la idea de que la Tierra pudiera ser un planeta. Ni tampoco la evidencia mencionada —que Júpiter irradia dos veces y media el calor que absorbe, encierra en su atmósfera helio y también hidrógeno, y tiene un campo magnético en forma de disco— habría sido relevante para la cuestión de si Júpiter es un planeta para aquellos científicos. <<

[13] *Principia*, p. 1. <<

[14] Ibid., p. 2. <<

[15] Arthur y Fenster, *Mechanics*, p. 5. <<

[16] A. P. French, *Newtonian Mechanics*, Norton, 1971, pp. 164-165 [hay trad. en castellano: *Mecánica newtoniana*, Reverte, Barcelona, 1978]. <<

[17] Carl G. Hempel, *Philosophy of Natural Science*, Prentice-Hall, 1966, p. 94 [hay trad. en castellano: *Filosofía de la ciencia natural*, Alianza, Madrid, 1980]. <<

[18] Vid., *supra*, cap. tercero, n. 42. <<

[19] Cf. Norwood R. Hanson, *Logical Positivism and the Interpretation of Scientific Theories*, en *Legacy of Logical Positivism*, p. 75. <<

[20] La idea de evolución de los conceptos que he sugerido aquí es diferente de la de Stephen Toulmin. Yo me ocupo de los cambios de un concepto, y no está claro que Toulmin reconozca que hay un aspecto importante en el que los propios conceptos experimentan cambios. Aun cuando el primer volumen de su obra *La comprensión humana* se titula *El uso colectivo y evolución de conceptos*, lo que Toulmin estudia es la evolución de las disciplinas intelectuales. Según él, hay constelaciones de conceptos, cuyo desarrollo ha de comprenderse en función de la aparición de nuevos conceptos y la desaparición de viejos conceptos, de manera parecida a aquella en que evolucionan las especies biológicas por la variación y la selección natural. Pero, para Toulmin, los propios conceptos no evolucionan, del mismo modo que, siguiendo el paralelismo biológico, las variaciones particulares no evolucionan. <<

[21] *Structure of Scientific Revolutions* [*Estructura de las revoluciones científicas*], pp. 101-102. <<

[22] Paul K. Feyerabend, *Explanation, Reduction and Empiricism*, en *Minnesota Studies in the Philosophy of Science III*, pp. 80-81; *Problems of Empiricism*, en Robert Colodny (ed.), *Beyond the Edge of Certainty*, Prentice-Hall, 1965, pp. 168-170. <<

[23] Esta se ha convertido en una técnica estándar de la mecánica cuántica guiada por el principio de correspondencia. <<

[24] *Structure of Scientific Revolutions* [*Estructura de las revoluciones científicas*], p. 102. <<

CAPÍTULO 9

[1] Richard S. Rudner, *Philosophy of Social Science*, Prentice-Hall, 1966, p. 6.
<<

[2] *Experience and Prediction*, p. 6. <<

[3] *Ibíd.*, p. 382. <<

[4] *Logic of Scientific Discovery* [*Lógica de la investigación científica*], p. 31.
<<

[5] Florian Cajori, *An Historical and Explanatory Appendix*, en *Principia*, p. 650. <<

[6] *Philosophy of Natural Science* [*Filosofía de la ciencia natural*], p. 14. <<

[7] Ibid., p. 16. Estrictamente hablando, la lógica deductiva sí proporciona reglas mecánicas para generar nuevas proposiciones que se siguen de aquellas ya disponibles. Por ejemplo, podemos formular una regla que diga que añadamos cierta proposición dada para formar una disyunción con cualquier otra, pero los teoremas significativos no se descubren de esta manera. <<

[8] Cf. Reichenbach, *Experience and Prediction*, pp. 5-6. <<

[9] *Logic of Scientific Discovery* [*Lógica de la investigación científica*], p. 28.
<<

[10] *Ibíd.*, p. 32. <<

[11] Este punto será desarrollado ulteriormente en el capítulo décimo. <<

[12] Cf. la descripción que hace Max Jammer del desarrollo de la mecánica cuántica: «Cada estadio dependía de los precedentes sin seguirse necesariamente a partir de ellos como una consecuencia lógica» (*The Conceptual Development of Quantum Mechanics*, McGraw-Hill, 1966, p. vii). <<

[13] Cf. Errol E. Harris, *Hypothesis and Perception*, Humanities Press, 1970. Esta es una amplia tentativa de desarrollar un análisis dialéctico de la ciencia, tentativa con la cual he contraído una profunda deuda. Vid. también mi artículo *Harris on the Logic of Science*: *Dialectica* 26 (1972) 227-246. <<

[¹⁴] Platón, *Republic*, 331c, trad. inglesa de F. M. Cornford, Oxford University Press, 1968, p. 7 [hay trad. en castellano: *La República*, Centro de Estudios Constitucionales, Madrid, ²1970]. <<

[15] *Ibíd.* <<

[16] *Ibíd.*, 332a-b. <<

[17] *Ibíd.*, 332c-336a, pp. 9-14. <<

[18] *Ibíd.*, 341b-342e, pp. 22-24. <<

[19] Cf., *infra*, la exposición sobre Collingwood, cap. séptimo. <<

[20] Cajori, *Appendix*, en *Principia*, p. 650. <<

[21] En este caso nos acercamos tanto como podemos a una situación en la cual la teoría aceptada dicta la forma que ha de adoptar la solución de un problema. Exceptuando un error matemático (que es lo que Clairaut descubrió finalmente en el caso del movimiento de la Luna), la única manera de explicar la inesperada perturbación de Urano en el contexto de la mecánica newtoniana es por medio de la presencia de una fuerza hasta entonces ignorada que sólo podía ser ejercida por otro cuerpo en gravitación. <<

[22] Nótese que ni siquiera el más apasionado defensor de una distinción estricta entre el contexto de descubrimiento y el contexto de verificación habla del descubrimiento de Vulcano por Leverrier. <<

[23] Citado en Kuhn, *The Copernican Revolution* [*La revolución copernicana*], pp. 138-139. <<

[24] Clagett, *Greek Science in Antiquity*, p. 114. <<

[25] Edward Grant, *Physical Science in the Middle Ages*, Wiley, 1971.
pp. 64-70. <<

[26] *Dialogue on the Two World Systems*, p. 339. <<

[27] *Patterns of Discovery* [*Patrones de descubrimiento*], p. 74. <<

[28] *Ibíd.*, pp. 74-76. <<

[29] Ibid., pp. 78-83. <<

[30] A. Einstein, *On the Electrodynamics of Moving Bodies*, trad., inglesa de W. Perrett y G. B. Jeffrey, *The Principle of Relativity*, Dover Books, pp. 37-38. Las cursivas son mías. <<

[31] *Ibíd.*, pp. 36 y 46. <<

[32] Edmund Whittaker, *A History of the Theories of Aether & Electricity*, Harper Torchbooks, 1960, vol. 2, p. 32. <<

[33] Citado en Ronald W. Clark, Einstein, Avon, 1972, p. 59. <<

[34] Citado *ibíd.*, p. 113. <<

[35] *History of Theories of Aether & Electricity*, cap. II. <<

[36] Herbert Feigl, *Beyond Peaceful Coexistence*, en *Minnesota Studies V*, p. 9. <<

[37] *Electrodynamics of Moving Bodies*, p. 37. <<

[38] *Ibíd.*, p. 63. <<

[39] *Ibíd.*, p. 64. <<

[40] Cap. octavo, pp. 161-166. <<

[41] Cf., por ejemplo, la réplica de Salviati al ataque de Simplicio en el sentido dé que Platón «se sumergió demasiado profundamente en la geometría y llegó a estar demasiado fascinado por ella. Después de todo, Salviati, estas sutilezas matemáticas funcionan muy bien en abstracto, pero no cuando se aplican a asuntos físicos y sensibles» (*Dialogue on the Two World Systems*, pp. 203 y ss.). <<

[42] Cf. Stillman Drake, *The Effectiveness of Galileo's Work*, en *Galileo Studies*, University of Michigan Press, 1970, pp. 95-122. Hay, sin embargo, autores aristotélicos que mantienen que la ciencia cuantitativa no puede proporcionar explicaciones de los fenómenos naturales y ha de ser complementada, por tanto, con una «teoría puramente física de la naturaleza», una teoría no-cuantitativa (James A. Weisheipl, *The Development of Physical Theory in the Middle Ages*, University of Michigan Press, 1971, pp. 83-88). En su obra temprana Galileo también aceptaba una distinción entre elucidación matemática y explicación física. Cf. *On Motion y On Mechanics*, University of Wisconsin Press, 1960, p. 20. <<

[43] *Ibíd.*, pp. 165-166. <<

[44] *Ibíd.*, p. 439. <<

[45] *Ibíd.* <<

[46] *Ibíd.*, p. 417. Para una defensa detallada de esta interpretación, vid. mi *Galileo, the Elements, and the Tides: Studies in the History and Philosophy of Science* 7 (1976) 337-351. <<

[47] En la situación del problema en Galileo, aun los argumentos teológicos resultaban relevantes, puesto que tanto Galileo como sus oponentes aceptaban la autoridad de las Escrituras como modelo independiente al cual tenían que ajustarse. El problema de proporcionar una interpretación aceptable de la Escritura desde un punto de vista copernicano fue tomado tan en serio por Galileo como el problema de proporcionar una explicación aceptable de la caída vertical de una piedra desde una torre. De ahí la famosa digresión de Galileo sobre interpretación bíblica en su carta a la Gran Duquesa Cristina (*Discoveries and Opinions of Galileo*, trad. inglesa de Stillman Drake, Anchor Books, 1957, pp. 175-216). <<

CAPÍTULO 10

[¹] Platón, *Theatetus*, 152c, en Edith Hamilton y Huntington Cairns (eds.), *Collected Dialogues*, trad. inglesa de F. M. Cornford, Pantheon, 1961, p. 857 [hay trad. en castellano: *Teeteto o de la ciencia*, Aguilar, Madrid, 1960]. <<

[2] Cf. cap. tercero. <<

[3] Cf. cap. sexto. <<

[4] *Logic of Discovery or Psychology of Research*, en *Criticism and the Growth of Knowledge* [La crítica y el desarrollo del conocimiento], p. 13. <<

[5] Cf. pp. 171-172. <<

[6] *Structure of Scientific Revolutions* [*Estructura de las revoluciones científicas*], p. 94. <<

[7] *Ibíd.*, p. 148. <<

[8] Aristóteles, *Nicomachean Ethics*, 1112a, trad. inglesa de W. D. Ross, en *Basic Works of Aristotle*, p. 969 [hay trad. en castellano: *Ética a Nicomaco*, Centro de Estudios Constitucionales, Madrid, ²1970]. Aristóteles añade que no deliberamos acerca del universo material, pero esto es porque él creía que también tenemos conocimiento necesario de aquél, y que no deliberamos acerca de las cosas sobre las cuales no tenemos control, pero esto no nos interesa aquí. <<

[9] Ibid., 1094b-1095a, p. 936. <<

[10] Ibid., 1137b, p. 1020. <<

[11] *Reflections on my Critics*, en *Criticism and the Growth of Knowledge* [*La crítica y el desarrollo del conocimiento*], pp. 237-238. <<

[12] Cf., *supra*, cap. octavo, especialmente pp. 151-158. <<

[13] Considérese el ejemplo siguiente: «Hace algunos años apareció en Nature una tabla de cifras que probaba con gran exactitud que el tiempo de gestación, medido en días, de una serie de diferentes animales, desde conejos a vacas, es un múltiplo del número π [...]. Sin embargo, una relación exacta de este género no impresiona al científico moderno y ninguna cantidad de evidencia confirmatoria le convencería de que haya relación alguna entre el periodo de gestación de los animales y los múltiplos de número π » (Michael Polanyi, *The Logic of Liberty*, University of Chicago Press, 1951, pp. 16-17). El enunciado de Polanyi es demasiado fuerte, puesto que una relación así podría volverse significativa en alguna teoría futura, pero la cuestión sigue en pie: sea lo firme que sea la correlación, no forma parte de la ciencia mientras los científicos la ignoren. <<

[14] Cf., *supra*, pp. 84-85. <<

[15] No hay sentido alguno en el que nuestro análisis de la verdad pueda considerarse una versión del pragmatismo. Se sugiere que una afirmación es aceptada como verdadera porque «funciona», pero «funciona» aquí sólo significa que desempeña un papel significativo en el cuerpo de conocimiento científico. El pragmatista trata de reducir la teoría a la práctica definiendo la verdad en términos de lo que funciona en el mundo práctico; lo que nos interesa es la teoría. La relatividad general, por ejemplo, es aceptada por la comunidad científica y es, por tanto, verdadera, porque nos permite resolver problemas puramente teóricos como el cálculo de la órbita de Mercurio, aun cuando la teoría no tenga consecuencias prácticas en el sentido que le importa al pragmatismo. <<

[16] *Human Understanding [La comprensión humana]*, p. 111. <<

[17] *Ibíd.*, p. 110. Cf. también *Does the Distinction Between Normal and Revolutionary Science Hold Water?*, en *Criticism and the Growth of Knowledge* [*La crítica y el desarrollo del conocimiento*], p. 40. <<

[18] Debido a la falta de fondos, se ha cerrado una serie de aceleradores de partículas, a pesar de los descubrimientos recientes, que plantean un desafío fundamental a las teorías existentes. Cf. Science 186 (1974) 909-911. <<

[19] *Treatise of Human Nature* [*Tratado de la naturaleza humana*], pp. 469-470. <<

[20] Cf., *supra*, p. 32. <<

[21] Cf., *supra*, p. 27. <<

[22] Vid., por ejemplo, *Conjectures and Refutations*, pp. 33-37. <<

[23] Para una exposición reciente, vid. Loren R. Graham, *Science and Philosophy in the Soviet Union*, Alfred A. Knopf, 1972, cap. 6. Un análisis más detallado de un biólogo que estuvo personalmente inmerso, es Zhores A. Medvedev, *The Rise and Fall of T. D. Lysenko*, trad. inglesa de Michael Lerner, Doubleday, 1971. <<

[24] Como ejemplo de la técnica de Lysenko, considérese el decreto del gobierno, de 3 de agosto de 1931, que exigía el desarrollo de nuevos esfuerzos, como un trigo con «alto rendimiento, uniformidad, cristalinidad, sin parásitos, no quebradizo, resistencia al frío, a la sequía, a las plagas y enfermedades, de buena calidad para hacer pan y otros rasgos [...] en tres o cuatro años [...]. Vavilov (el principal genetista soviético de la época) contempló las metas aceleradas para la renovación de la semilla con mucho escepticismo, mientras que Lysenko publicó inmediatamente un compromiso de desarrollar nuevas variedades con características planificadas en dos años y año y medio» (Medvedev, *The Rise and Fall of T. D. Lysenko*, p. 19). <<

[25] Tales cosas no pasan sólo en las sociedades comunistas. Durante la Segunda Guerra Mundial, un hombre, lord Cherwell, pasó a ser consejero científico de Winston Churchill y así consiguió el control casi completo sobre la ciencia británica. Cf. C. P. Snow, *Ciencia y Gobierno*, Seix Barral, Barcelona, 1963. <<

[26] No podemos afirmar que esto sea así siempre, puesto que hacemos este juicio desde el punto de vista de la ciencia actual y tenemos escasa información acerca de aquellos errores que hasta ahora no han sido corregidos. <<

[27] Michael Polanyi, *Knowing and Being*, ed. Marjorie Grene, University of Chicago Press, 1969, p. 78. <<

[28] Ralph E. Juergens, *Minds in Chaos*, en A. de Grazia, R. Juergens y L. Stecchini (editores), *The Velikovsky Affair*, University Books, 1966, p. 16. Este es un libro partidista en pro de Velikovsky, pero no hay libros que no sean partidistas sobre este asunto. <<

[29] Ibid, p. 17. <<

[30] Ibid., p. 21. <<

[31] Eric Larabee, *The Day the Sun Stood Still*: Harper's 200 (enero de 1950) 19-26; Immanuel Velikovsky, *The Heavens Burst*: Collier's (25 de febrero de 1950) 24, 42-43, 45 y *World on Fire*: Collier's (25 de marzo de 1950) 25, 82-85. Ambos artículos fueron registrados como «extractados y adaptados por John Lear». Fulton Oursler, *Why the Sun Stood Still*: Reader's Digest (marzo de 1950) 139-148. *Worlds in Collision* fue publicado el 3 de abril de 1950. <<

[32] Cecilia Payne-Gaposchkin, *Nonsense, Dr. Velikovsky!*: The Reporter 2 (14 de marzo de 1950) 37-40. <<

[33] Reporter 2 (11 de abril de 1950) 2. <<

[34] Esta es la descripción que el propio Larabee hace de su artículo (ibíd.). <<

[35] *Nonsense, Dr. Velikovsky!*, p. 38. <<

[36] *Minds in Chaos*, en *Velikovsky Affair*, pp. 35-36. Este abuso ha sido reparado. Aunque pocos científicos se toman en serio las teorías de Velikovsky, en 1974 se le invitó como orador a los encuentros de la American Association for the Advancement of Science y de la Philosophy of Science Association, entre otros. <<

[37] *Ibíd.*, p. 26. <<

[38] *Ibíd.*, p. 30. <<

[39] *Ibíd.*, p. 23. <<

[40] John Q. Stewart, *Disciplines in Collision: Harper's* 202 (junio de 1951) 57. El artículo forma parte de un debate entre Stewart y Velikovsky. Más adelante en su artículo, Stewart ofrece un resumen de las opiniones de Velikovsky que no ha sido extraído de su propia lectura de *Worlds in Collision*, sino de otra reseña de Payne-Gaposchkin que el mismo Stewart describe como «claramente discrepante» (ibíd., p. 59). <<

[41] El siguiente incidente ayudará a subrayar esto. He leído recientemente un intercambio de cartas entre Velikovsky y un profesor de Astronomía, en el cual este último presentaba un cálculo para mostrar que una de las afirmaciones de Velikovsky era incorrecta. Velikovsky replicó que el astrónomo había usado el valor equivocado para una constante y dio en su lugar un valor que apoyó con una referencia, lo cual no había hecho su oponente. Mi propia reacción consistió en fijarme en la nota a pie de página de Velikovsky y, cuando vi que el libro que citaba era razonablemente actual y estaba publicado por Oxford University Press, concluí que probablemente era fiable. <<

[42] Citado en *Minds in Chaos*, en *Velikovsky Affair*, p. 64. Otro ejemplo del afluir Lysenko viene aquí al caso. En 1964, después de que el poder dictatorial de Lysenko se viniera abajo, muchos de sus seguidores continuaban en puestos de poder respecto a la biología soviética. Medvedev, por ejemplo, rechazó categóricamente cualquier insinuación en el sentido de que fueran sencillamente expulsados: «En 1948, los lysenkistas lograron una rápida serie de instituciones científicas y la sustitución de equipos editoriales, consejos académicos, etc., por el método básico de los decretos de ministerios, departamentos gubernamentales, etc., así como mediante la creación de comisiones especiales plenipotenciarias; en otras palabras, mediante un golpe. Hoy en día estos métodos son inaplicables; de ahí que el proceso inverso avance a un ritmo mucho más lento [...]. Han podido utilizar también los principios establecidos en la lucha contra ellos, y sobre todo el principio de la libertad de expresión. Esto ahora les permite una vez más, de una forma u otra, hacer propaganda de sus dogmas falsos, erróneos, criticar a sus oponentes y falsificar la situación real de la biología [...]. No hay peligro en estas actividades, que son inevitables en una ciencia estructurada democráticamente» (Medvedev, *The Rise and Fall of T. D. Lysenko*, pp. 242-243). <<

[43] *Minds in Chaos*, en *Velikovsky Affair*, p. 39. <<

[44] Citado ibíd., p. 17. Asimismo, Philip H. Ableson, director de *Science*, escribía explicando por qué rechazó un artículo de Velikovsky: «La ciencia puede existir y es útil porque una gran parte de su conocimiento es cierto y reproducible en un porcentaje superior al 99,9. Si la ciencia estuviera basada en sugerencias que fueran verdaderas el 50% de las veces, y todos fuéramos libres de hacer predicciones así de fiables, sería el caos. He visto repetidas veces a hombres brillantes, de fértil imaginación, sugerir toda clase de cosas. Es la prueba de una idea más allá de toda duda razonable lo que la hace valiosa» (citado en De Grazia, *The Scientific Reception System*, en *Velikovsky Affair*, pp. 188-189). <<

[45] Fred Hoyle. *The Nature the Universe*, Signet Books. ed. rev., 1960, pp. 118-119. <<

[46] Fred Hoyle. *Galaxies. Nuclei and Quasars*. Harper & Row. 1965, p. 131.
Las cursivas son mías. <<

[47] *Ibíd.*, p. 129. <<

[48] Cf. Thomas S. Kuhn, *The Essential Tensión*, en Calvin W. Taylor (ed.), *Third University of Utah Research Conference on the Identification of Creative Scientific Talent*, University of Utah Press, 1959, pp. 341-354. <<

[49] Cf. Stephen G. Brush, Should the History of Science Be Rated X?:
Science 183 (1974) 1164-1172. <<

La nueva filosofía de la ciencia

Harold I. Brown



Lectulandia