

Traducción de

EULALIA PÉREZ SEDEÑO

y

PILAR LÓPEZ MÁÑEZ (capítulos 9-14 de la 2.ª edición)

¿QUÉ ES ESA COSA LLAMADA CIENCIA?

Una valoración de la naturaleza
y el estatuto de la ciencia y sus métodos

por

ALAN F. CHALMERS





siglo veintiuno editores, s.a. de c.v.

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

siglo veintiuno de españa editores, s.a.

CALLE PLAZA 5, 28043 MADRID, ESPAÑA

siglo veintiuno argentina editores

siglo veintiuno editores de colombia, s.a.

CALLE 55 NÚM. 16-44, BOGOTÁ, D.E., COLOMBIA

primera edición en español, 1982

segunda edición en español, revisada y ampliada, 1984

© siglo xxi de españa editores, s.a.

decimoprimer edición en español, 1990

© siglo xxi editores, s.a. de c.v.

isbn 968-23-1516-6

primera edición en inglés, 1976

segunda edición en inglés, corregida y aumentada, 1982

© university of queensland press

título original: *what is this thing called science?*

derechos reservados conforme a la ley

impreso y hecho en México/printed and made in Mexico

INDICE

PREFACIO A LA PRIMERA EDICION	VII
PREFACIO A LA SEGUNDA EDICION	IX
INTRODUCCION	3
1. EL INDUCTIVISMO: LA CIENCIA COMO CONOCIMIENTO DERIVADO DE LOS HECHOS DE LA EXPERIENCIA	11
I. Una opinión de sentido común ampliamente compartida sobre la ciencia, 11.—II. El inductivismo ingenuo, 12.—III. Lógica y razonamiento deductivo, 17.—IV. La predicción y la explicación en el inductivismo, 19.—V. El encanto del inductivismo ingenuo, 23.—Lecturas complementarias, 24.	
2. EL PROBLEMA DE LA INDUCCION	27
I. ¿Se puede justificar el principio de inducción?, 27.—II. La retirada a la probabilidad, 32.—III. Posibles respuestas al problema de la inducción, 35.—Lecturas complementarias, 36.	
3. LA OBSERVACION DEPENDE DE LA TEORIA	39
I. Una concepción popular de la observación, 40.—II. Experiencias visuales que no están determinadas por las imágenes formadas en la retina, 41.—III. Los enunciados observacionales presuponen la teoría, 46.—IV. La teoría guía la observación y la experimentación, 53.—V. El inductivismo no está refutado de un modo concluyente, 54.—Lecturas complementarias, 57	
4. INTRODUCCION DEL FALSACIONISMO	59
I. Una cuestión lógica que apoya al falsacionista, 59.—II. La falsabilidad como criterio de teorías, 60.—III. Grado de falsabilidad, claridad y precisión, 64.—IV. Falsacionismo y progreso, 68.—Lecturas complementarias, 73.	
5. EL FALSACIONISMO SOFISTICADO, LAS NUEVAS PREDICCIONES Y EL DESARROLLO DE LA CIENCIA	75
I. Grados de falsabilidad relativos en vez de absolutos, 75.—II. El aumento de la falsabilidad y las modificaciones <i>ad hoc</i> , 76.—III. La confirmación en la concepción falsacionista de la ciencia, 80.—IV. Audacia, novedad y conocimiento básico, 82.—V. Comparación de las concepciones inductivista y falsacionista de la confirmación, 84.—Lecturas complementarias, 86.	
6. LAS LIMITACIONES DEL FALSACIONISMO	89
I. La dependencia de la observación de la teoría y la fallibilidad de las falsaciones, 89.—II. La inadecuada defensa de Pop-	

per, 90.—III. La complejidad de las situaciones reales de prueba, 94.—IV. Sobre la base de los argumentos históricos, el falsacionismo es insuficiente, 97.—V. La revolución copernicana, 99. Lecturas complementarias, 108.	
7. LAS TEORIAS COMO ESTRUCTURAS: 1. LOS PROGRAMAS DE INVESTIGACION	111
I. Hay que considerar las teorías como totalidades estructurales, 111.—II. Los programas de investigación de Lakatos, 115.—III. La metodología dentro de un programa de investigación, 120.—IV. La comparación de los programas de investigación, 122. Lecturas complementarias, 125.	
8. LAS TEORIAS COMO ESTRUCTURAS: 2. LOS PARADIGMAS DE KUHN	127
I. Observaciones iniciales, 127.—II. Los paradigmas y la ciencia normal, 129.—III. Crisis y revolución, 133.—IV. La función de la ciencia normal y las revoluciones, 138.—Lecturas complementarias, 141.	
9. RACIONALISMO CONTRA RELATIVISMO	143
I. Racionalismo, 143.—II. Relativismo, 144.—III. Lakatos el racionalista, 147.—IV. Kunt el relativista, 152.—V. Hacia un cambio en los términos del debate, 156.—Lecturas complementarias, 157.	
10. OBJETIVISMO	159
I. Individualismo, 159.—II. Objetivismo, 162.—III. La ciencia como práctica social, 167.—IV. El objetivismo defendido por Popper, Lakatos y Marx, 169.—Lecturas complementarias, 171.	
11. UNA CONCEPCION OBJETIVISTA DEL CAMBIO DE TEORIA EN LA FISICA	173
I. Las limitaciones del objetivismo de Lakatos, 173.—II. Oportunidades objetivas, 175.—III. Una concepción objetivista del cambio de teoría en la física, 179.—IV. Algunas observaciones aleccionadoras, 183.—Lecturas complementarias, 185.	
12. LA TEORIA ANARQUISTA DEL CONOCIMIENTO DE FEYERABEND	187
I. Todo vale, 187.—II. Incommensurabilidad, 190.—III. La ciencia no es necesariamente superior a otros campos, 195.—IV. La libertad del individuo, 198.—Lecturas complementarias, 202.	
13. REALISMO, INSTRUMENTALISMO Y VERDAD	203
I. Observaciones preliminares, 203.—II. Instrumentalismo, 205.—III. La teoría de la verdad como correspondencia, 209.—IV. Problemas de la idea de verdad propia del sentido común, 213.—V. La aproximación a la verdad de Popper, 218.—Lecturas complementarias, 221.	
14. REALISMO NO REPRESENTATIVO	223
I. La relación entre las teorías y sus sucesoras, 223.—II. Realismo no representativo, 225.—III. ¿Qué es esa cosa llamada ciencia?, 228.—IV. El relativismo en perspectiva, 230.—V. ¿Por qué molestarse?, 233.	
BIBLIOGRAFIA	236
INDICE DE NOMBRES	244

PREFACIO A LA PRIMERA EDICION

Este libro pretende ser una introducción simple, clara y elemental a los modernos puntos de vista sobre la naturaleza de la ciencia. Al enseñar filosofía de la ciencia, bien a estudiantes de filosofía o a científicos que desean familiarizarse con las recientes teorías sobre la ciencia, me he dado cuenta cada vez más de que no se dispone de un solo libro, ni siquiera de un número pequeño de libros que se puedan recomendar al principiante. Las únicas fuentes de que se dispone sobre las opiniones modernas son las originales. Muchas de estas fuentes son demasiado difíciles para los principiantes, y de todos modos son demasiado numerosas como para que un amplio número de estudiantes pueda acceder con facilidad a ellas. Este libro no sustituirá a las fuentes originales para quien desee dedicarse al tema en serio, por supuesto, pero espero que proporcione un punto de partida útil y fácilmente accesible que por lo demás no existe.

Mi intención de presentar las discusiones de una manera simple resultó ser razonablemente realista en unos dos tercios del libro. En la época en que había llegado a esa etapa, y había comenzado a criticar los modernos puntos de vista, me encontré, con sorpresa, con que, en primer lugar, discrepaba de aquellas opiniones más de lo que había pensado y; en segundo lugar, con que a partir de mi crítica estaba surgiendo una alternativa bastante coherente. Esa alternativa aparece bosquejada en los últimos capítulos del libro. Sería muy agradable pensar que la segunda mitad de este libro no sólo contiene resúmenes de las opiniones actuales sobre la naturaleza de la ciencia, sino también un resumen de la futura.

Mi interés profesional por la historia y la filosofía de la ciencia comenzó en Londres, en un clima que estaba dominado por las ideas del profesor Karl Popper. Mi deuda para

con él, sus escritos, sus lecciones y sus seminarios, y también para con el difunto profesor Imre Lakatos, debe resultar evidente en el contenido de este libro. La forma que tiene la primera mitad debe mucho al brillante artículo de Lakatos sobre la metodología de los programas de investigación. Un rasgo notable de la escuela popperiana era la insistencia que hacía en que se tuviera una idea clara del problema en el que se estuviera interesado y en que se expresaran las propias opiniones sobre él de una manera simple y sencilla. Aunque debo mucho al ejemplo de Popper y Lakatos a este respecto, cualquier habilidad que tenga para expresarme de un modo simple y claro procede en su mayor parte de mi contacto con el profesor Heinz Post, que fue mi supervisor en el Chelsea College mientras trabajaba allí en mi tesis doctoral, en el Departamento de Historia y Filosofía de la Ciencia. No me puedo librar de la incómoda sensación de que me devolverá su ejemplar de este libro con la petición de que redacte de nuevo los pasajes que no entiende. Entre mis colegas de Londres —tengo una deuda especial con ellos—, la mayoría de los cuales eran estudiantes en esa época, Noretta Koertge, que ahora se encuentra en la Universidad de Indiana, me ayudó considerablemente.

Antes me referí a la escuela popperiana como a una escuela, pero, no obstante, hasta que no llegué a Sidney procedente de Londres no me di cuenta de en qué medida había estado en una escuela. Para mi sorpresa, descubrí que había filósofos influidos por Wittgenstein, Quine o Marx que pensaban que Popper se había equivocado en muchas cuestiones y algunos que incluso pensaban que sus opiniones eran positivamente peligrosas. Creo que aprendí mucho de esa experiencia. Una de las cosas que aprendí fue que en realidad Popper se equivoca en un número de problemas importante, como se argumenta en las últimas partes de este libro. Sin embargo, esto no altera el hecho de que el enfoque popperiano sea infinitamente mejor que el enfoque adoptado en la mayor parte de los departamentos de filosofía que he conocido.

Debo mucho a mis amigos de Sidney que me ayudaron a despertar de mi sueño. No quiero sugerir con esto que acepte sus opiniones en vez de las popperianas. Ellos saben

bien que no. Pero puesto que no me gusta perder el tiempo con absurdos oscurantistas sobre la inconmensurabilidad de los marcos conceptuales (aquí los popperianos aguzarán el oído), la medida en que me he visto obligado a reconocer y contraatacar las opiniones de mis colegas y adversarios de Sidney me ha llevado a comprender la fuerza de sus opiniones y la debilidad de las mías. Espero que no desconcertaré a nadie haciendo una mención especial a Jean Curthoys y Wal Suchting.

Los lectores afortunados y atentos detectarán en este libro la singular metáfora procedente de Vladimir Nabokov y advertirán que le debo algún reconocimiento (o disculpas).

Concluyo con un cálido saludo a aquellos amigos que no se han preocupado del libro, que no quieren leer el libro y que me han aguantado mientras lo escribía.

Alan Chalmers
Sidney, 1976

PREFACIO A LA SEGUNDA EDICION

A juzgar por las respuestas a la primera edición de este libro, parece que los ocho primeros capítulos del mismo cumplen muy bien la función de ser «una introducción simple, clara y elemental a los modernos puntos de vista sobre la naturaleza de la ciencia». También parece ser bastante universalmente aceptado que los cuatro últimos no la cumplen. Por consiguiente, en esta edición revisada y ampliada he dejado los capítulos 1-8 prácticamente intactos y he reemplazado los cuatro últimos por seis totalmente nuevos. Uno de los problemas de la última parte de la primera edición es que había dejado de ser simple y elemental. He tratado de conseguir que mis nuevos capítulos sigan siendo simples, aunque temo que no lo haya conseguido del todo al tratar de las difíciles cuestiones de los dos últimos capítulos. Pero aunque haya tratado de conseguir que el análisis sea simple, espero no haber dejado por ello de ser polémico.

Otro problema de la última parte de la primera edición es la falta de claridad. Aunque sigo convencido de que la mayor parte de lo que me proponía allí iba por buen camino, ciertamente no fui capaz de expresar una postura coherente y bien argumentada, como han dejado claro mis críticos. No todo esto puede ser atribuido a Louis Althusser, cuyas tesis estaban muy de moda en el momento en que escribí este libro y cuya influencia puede todavía ser discernida en cierta medida en esta nueva edición. He aprendido la lección y en el futuro tendré buen cuidado de no dejarme influir excesivamente por la última moda de París.

Mis amigos Terry Blake y Denise Russell me han convencido de que los escritos de Paul Feyerabend son más importantes de lo que previamente estaba dispuesto a admitir. Le he concedido más atención en esta nueva edición y he tratado de separar el grano de la paja, el antimetodismo del dadaísmo. También me he visto obligado a separar su sentido importante del «sinsentido oscurantista de la inconmensurabilidad de los marcos».

La revisión de este libro está en deuda con las críticas de numerosos colegas, críticos y corresponsales. No intentaré nombrarlos a todos, pero reconozco mi deuda y expreso mi agradecimiento.

Dado que la revisión de este libro ha desembocado en un nuevo final, el sentido original del gato de la cubierta se ha perdido. Sin embargo, el gato parece tener bastantes partidarios, a pesar de su falta de bigotes, por lo que lo he conservado, y simplemente pido a los lectores que reinterpreten su sonrisa.

Alan Chalmers

Sidney, 1981

INTRODUCCION

«Al igual que todos los jóvenes,
me proponía ser un genio, pero afortunadamente intervino la risa.»

Clea, Lawrence DURRELL

En la era moderna se siente un gran aprecio por la ciencia. Aparentemente existe la creencia generalizada de que hay algo especial en la ciencia y en los métodos que utiliza. Cuando a alguna afirmación, razonamiento o investigación se le denomina «científico», se pretende dar a entender que tiene algún tipo de mérito o una clase especial de fiabilidad. Pero, ¿qué hay de especial en la ciencia, si es que hay algo? ¿Cuál es este «método científico» que, según se afirma, conduce a resultados especialmente meritorios o fiables? Este libro constituye un intento de elucidar y responder a cuestiones de este tipo.

Tenemos muchísimas pruebas procedentes de la vida cotidiana de que se tiene en gran consideración a la ciencia, a pesar de que haya cierto desencanto con respecto a ella debido a las consecuencias de las que se le hace responsable, tales como las bombas de hidrógeno y la contaminación. Los anuncios publicitarios afirman con frecuencia que se ha mostrado científicamente que determinado producto es más blanco, más potente, más atractivo sexualmente o de alguna manera preferible a los productos rivales. Con esto esperan dar a entender que su afirmación está especialmente fundamentada e incluso puede que más allá de toda discusión. De manera similar, un anuncio de la Ciencia Cristiana aparecido recientemente en un periódico se titulaba: «La ciencia dice y afirma que se ha demostrado que la Biblia cristiana es verdadera», y luego seguía contando que «incluso los científicos lo creen hoy en día». Aquí tenemos una apelación directa a la autoridad de la ciencia y de los científicos. Bien podríamos preguntar: «¿en qué se basa esa autoridad?».

El gran respeto que se tiene por la ciencia no se limita a la vida cotidiana y a los medios de comunicación populares. Resulta evidente en el mundo académico y univer-

sitario y en todos los sectores de la industria del conocimiento. Aquéllos que los apoyan describen muchos campos de estudio como ciencias, presumiblemente en un intento de hacer creer que los métodos que usan están tan firmemente basados y son potencialmente tan fructíferos como una ciencia tradicional tal como la física. La ciencia política y la ciencia social son ya tópicos. Los marxistas insisten con entusiasmo en que el materialismo histórico es una ciencia. Además, normalmente en universidades o facultades americanas se enseñan en la actualidad, o se enseñaron hasta hace muy poco, Ciencia de la Biblioteca, Ciencia Administrativa, Ciencia del Habla, Ciencia Forestal, Ciencia Láctea, Ciencia de los productos cárnicos y animales e incluso Ciencia Mortuoria¹. Los autodenominados «científicos» en esos campos a menudo considerarán que siguen el método *empírico* de la física, que para ellos consiste en recopilar «hechos» mediante una observación y una experimentación cuidadosas y en derivar posteriormente leyes y teorías de estos hechos mediante alguna especie de procedimiento lógico. Recientemente, un colega del departamento de historia, quien aparentemente había asimilado esta impronta del empirismo, me dijo que en la actualidad no es posible escribir una historia de Australia porque todavía no tenemos una cantidad suficiente de hechos. La inscripción que hay en la fachada del edificio de la Social Science Research de la Universidad de Chicago reza así: «Si no puedes medir, tu conocimiento es escaso e insatisfactorio»². Sin duda, muchos de sus habitantes, prisioneros en sus modernos laboratorios, examinan el mundo a través de las barras de hierro de los enteros sin darse cuenta de que el método que se esfuerzan por seguir no sólo es necesariamente estéril e infructuoso, sino que además no es el método al que se debe atribuir el éxito de la física.

En los capítulos introductorios de este libro se analizará y demolerá la concepción errónea de la ciencia a la que nos

¹ Esta lista procede de un informe de C. Truesdell citado por J. R. Ravetz, *Scientific knowledge and its social problems*, Oxford, Oxford University Press, 1971, pp. 387 ss.

² T. S. Kuhn, «The function of measurement in modern physical science», *Isis*, 52, 1961, pp. 161-93. La inscripción es citada en la p. 161.

hemos referido anteriormente. Aunque algunos científicos y muchos pseudocientíficos pregonan su apoyo a este método, a ningún filósofo de la ciencia moderno se le escaparán por lo menos algunos de sus defectos. Las modernas tendencias de la filosofía de la ciencia han indicado y subrayado de un modo muy preciso las dificultades profundamente arraigadas que están asociadas a la idea de que la ciencia se basa en un seguro fundamento adquirido gracias a la observación y a la experimentación, y a la idea de que hay cierto tipo de procedimiento inferencial que nos permite derivar teorías científicas de semejante base de una manera fiable. No hay ningún método que permita probar que las teorías científicas son verdaderas ni siquiera probablemente verdaderas. Más adelante mantendré en este libro que los intentos de llevar a cabo una reconstrucción lógica, simple y sencilla, del «método científico» tropiezan con más dificultades cuando se comprende que no hay tampoco ningún método que permita refutar de un modo concluyente las teorías científicas.

Algunos de los argumentos que apoyan la afirmación de que no es posible probar o refutar de manera concluyente las teorías científicas se basan en gran medida en consideraciones lógicas y filosóficas. Otros se basan en un análisis detallado de la historia de la ciencia y de las modernas teorías científicas. Una característica de las modernas tendencias en las teorías del método científico es la creciente atención prestada a la historia de la ciencia. Para muchos filósofos de la ciencia, uno de los embarazosos resultados de este hecho es que los episodios de la historia de la ciencia que, por lo general, se consideran más característicos de los principales adelantos, ya sean las innovaciones de Galileo, Newton, Darwin o Einstein, no se han producido mediante algo similar a los métodos típicamente descritos por los filósofos.

Una reacción ante la constatación de que las teorías científicas no pueden ser probadas o refutadas de manera concluyente y de que las reconstrucciones de los filósofos tienen poco que ver con lo que en realidad hace progresar a la ciencia consiste en renunciar completamente a la idea de que la ciencia es una actividad racional que actúa de acuer-

do con un método o unos métodos especiales. Una reacción en cierto modo parecida ha llevado recientemente al filósofo e histrión Paul Feyerabend a escribir un libro titulado *Against method: outline of an anarchistic theory of knowledge*³ y un artículo titulado «Philosophy of science: a subject with a great past»⁴. De acuerdo con la tesis más radical que se puede leer en los escritos recientes de Feyerabend, la ciencia no posee rasgos especiales que la hagan intrínsecamente superior a otras ramas del conocimiento, tales como los antiguos mitos o el vudú. El elevado respeto por la ciencia es considerado como la religión moderna, que desempeña un papel similar al que desempeñó el cristianismo en Europa en épocas anteriores. Se insinúa que la elección entre distintas teorías se reduce a una elección determinada por los valores y deseos subjetivos de los individuos. Este libro se opone a ese tipo de respuesta al fracaso de las teorías tradicionales de la ciencia. Se intenta dar una explicación de la física que no sea subjetivista o individualista, que acepte buena parte de la crítica del método de Feyerabend, pero que sea inmune a dicha crítica.

La filosofía de la ciencia tiene su historia. Francis Bacon fue uno de los primeros que intentaron articular lo que es el método de la ciencia moderna. A principios del siglo XVII propuso que la finalidad de la ciencia es la mejora de la suerte del hombre en la tierra y, según él, esa finalidad se lograría recogiendo hechos a través de la observación organizada y derivando de ellos teorías. Desde entonces, unos han modificado y mejorado la teoría de Bacon y otros se han opuesto a ella de una manera bastante radical. Una explicación y un enfoque históricos de la evolución de la filosofía de la ciencia supondría un estudio muy interesante. Por ejemplo, sería muy interesante investigar y explicar el surgimiento del positivismo lógico, que comenzó en Viena

³ P. K. Feyerabend, *Against method: outline of an anarchistic theory of knowledge*, Londres, New Left Books, 1975.

⁴ P. K. Feyerabend, «Philosophy of science: a subject with a great past» en *Historical and philosophical perspectives of science*, vol. 5, compilado por Roger H. Stuewer, Minneapolis, University of Minnesota Press, 1970, pp. 172-83.

en las primeras décadas de este siglo, se hizo muy popular y aún hoy tiene considerable influencia. El positivismo lógico fue una forma extrema de empirismo según la cual no sólo las teorías se justifican en la medida en que se pueden verificar apelando a los hechos conocidos mediante la observación, sino que además se considera que sólo tienen significado en tanto se puedan derivar de este modo. Me parece que hay dos aspectos problemáticos en el surgimiento del positivismo. Uno es que se produjo en una época en que, con el advenimiento de la física cuántica y la teoría de la relatividad de Einstein, la física estaba avanzando espectacularmente y de un modo muy difícil de reconciliar con el positivismo. El otro aspecto problemático es que, ya en 1934, Karl Popper en Viena y Gaston Bachelard en Francia habían publicado obras que contenían refutaciones muy concluyentes del positivismo, pero no obstante eso no detuvo la marea del positivismo. De hecho, las obras de Popper y Bachelard pasaron casi completamente inadvertidas y sólo recientemente han recibido la atención que se merecen. De modo paradójico, en la época en que A. J. Ayer introducía en Inglaterra el positivismo lógico con su obra *Language, truth and logic*, convirtiéndose de este modo en uno de los más famosos filósofos ingleses, estaba predicando una doctrina algunos de cuyos funestos defectos ya habían sido expuestos y publicados por Popper y Bachelard⁵.

La filosofía de la ciencia ha avanzado rápidamente en las últimas décadas. Sin embargo, este libro no pretende ser una contribución a la historia de la filosofía de la ciencia. Su propósito es poner al corriente de las tendencias recientes explicando tan clara y simplemente como sea posible algunas modernas teorías sobre la naturaleza de la ciencia y, por último, sugerir algunas mejoras en ellas. En

⁵ A. J. Ayer, *Language, truth and logic*, Londres, Gollancz, 1936. Debo esta observación a Bryan Magee, «Karl Popper: the world's greatest philosopher?», *Current Affairs Bulletin*, 50, núm. 8, 1974, páginas 14-23. *The logic of scientific discovery*, de K. R. Popper, Londres, Hutchinson, 1968, se publicó por primera vez en Alemania en el año 1934. La obra de Gaston Bachelard a la que nos referimos en el texto es *Le nouvel esprit scientifique*, París, Presses Universitaires de France, 1934.

la primera mitad del libro, describo dos enfoques de la ciencia simples, pero inadecuados, a los que me refiero como inductivismo y falsacionismo. Aunque las dos posturas que describo tienen bastante en común con posturas que han sido defendidas en el pasado y que incluso algunos sostienen hoy en día, no pretenden ser primordialmente exposiciones históricas. Su principal propósito es pedagógico. Comprendiendo estas posturas extremas algo caricaturizadas, y sus defectos, el lector estará en mejores condiciones de comprender la motivación que hay detrás de las teorías modernas y de apreciar sus puntos fuertes y débiles. En el capítulo 1 se describe el inductivismo y luego se le critica duramente en los capítulos 2 y 3. Los capítulos 4 y 5 están dedicados a una exposición del falsacionismo como intento de mejorar el inductivismo, pero también se sacan abiertamente a la luz sus limitaciones en el capítulo 6. El siguiente capítulo expone el sofisticado falsacionismo de Imre Lakatos, y luego, en el capítulo 8, se introduce a Thomas Kuhn y sus polivalentes paradigmas. El relativismo, la idea de que el mérito de las teorías debe ser juzgado en relación con los valores de los individuos o grupos que las contemplan, se ha puesto de moda. En el capítulo 9 se plantea esta cuestión y se analiza en qué medida adoptó Kuhn y evitó Lakatos una postura relativista. En el capítulo siguiente esbozo una aproximación al conocimiento que llamo objetivismo, la cual se opone en algunos aspectos al relativismo. El objetivismo priva a los individuos y sus juicios de su posición de primacía con respecto al análisis del conocimiento. Desde este punto de vista, resulta posible dar una explicación del cambio de teoría que no sea relativista en aspectos importantes y que, sin embargo, sea inmune a las críticas que han hecho a las explicaciones tradicionales del cambio de teoría ciertos relativistas como Feyerabend. En el capítulo 11 ofrezco mi explicación del cambio de teoría en la física. Todo está dispuesto para el intento, en el capítulo 12, de abordar la argumentación de Feyerabend contra el método y el uso que le da. Los dos capítulos finales del libro son más difíciles. Tratan de la cuestión de en qué medida pueden nuestras teorías ser concebidas como una búsqueda

de descripciones «verdaderas» de lo que es el mundo «realmente». En las secciones finales me permito pronunciar un sermón político sobre el significado del libro.

Aunque la teoría de la ciencia que se puede extraer de la última parte de este libro pretende ser una mejora de todas las anteriores, no está seguramente libre de problemas. Se puede decir que el libro procede según el viejo dicho: «Comenzamos en la confusión y acabamos en una confusión de un nivel superior».

1. EL INDUCTIVISMO: LA CIENCIA COMO CONOCIMIENTO DERIVADO DE LOS HECHOS DE LA EXPERIENCIA

I. UNA OPINION DE SENTIDO COMUN AMPLIAMENTE COMPARTIDA SOBRE LA CIENCIA

El conocimiento científico es conocimiento probado. Las teorías científicas se derivan, de algún modo riguroso, de los hechos de la experiencia adquiridos mediante la observación y la experimentación. La ciencia se basa en lo que podemos ver, oír, tocar, etc. Las opiniones y preferencias personales y las imaginaciones especulativas no tienen cabida en la ciencia. La ciencia es objetiva. El conocimiento científico es conocimiento fiable porque es conocimiento objetivamente probado.

Sugiero que enunciados de este tipo resumen lo que en la época moderna es una opinión popular sobre lo que es el conocimiento científico. Esta opinión se hizo popular durante y como consecuencia de la revolución científica que tuvo lugar fundamentalmente en el siglo xvii y que fue llevada a cabo por pioneros de la ciencia tan grandes como Galileo y Newton. El filósofo Francis Bacon y muchos de sus contemporáneos resumían la actitud científica de la época cuando insistían en que si queremos entender la naturaleza debemos consultar la naturaleza y no los escritos de Aristóteles. Las fuerzas progresistas del siglo xvii llegaron a considerar errónea la preocupación de los filósofos de la naturaleza medievales por las obras de los antiguos, en especial de Aristóteles, y también por la Biblia, como fuentes del conocimiento científico. Estimulados por los éxitos de «grandes experimentadores» como Galileo, consideraron cada vez más la experiencia como la fuente del conocimiento. Desde entonces ha aumentado continuamente esta

valoración gracias a los logros espectaculares de la ciencia experimental. «La ciencia es una estructura asentada sobre hechos», escribe J. J. Davies en su obra *On the scientific method*¹. Y tenemos una moderna valoración del logro de Galileo debida a H. D. Anthony:

No fue tanto las observaciones y experimentos realizados por Galileo lo que originó la ruptura con la tradición, como su *actitud* hacia ellos. Para él, los hechos extraídos de ellos habían de ser tratados como hechos y no relacionados con una idea preconcebida... Los hechos de la observación podían encajar o no en un esquema admitido del universo, pero lo importante, en opinión de Galileo, era aceptar los hechos y construir una teoría que concordara con ellos².

La concepción *inductivista ingenua* de la ciencia, que esbozaré en las siguientes secciones, puede ser considerada como un intento de formalizar esta imagen popular de la ciencia. La he denominado *inductivista* porque se basa en un razonamiento inductivo, como explicaré brevemente. En los últimos capítulos, argumentaré que esta concepción de la ciencia, como la concepción popular a la que se asemeja, está completamente equivocada e incluso es peligrosamente engañosa. Espero que para entonces resulte evidente que el adjetivo «ingenuo» es el adecuado para describir a muchos inductivistas.

II. EL INDUCTIVISMO INGENUO

Según el inductivista ingenuo, la ciencia comienza con la observación. El observador científico debe tener órganos sensoriales normales, no disminuidos, y debe registrar de un modo fidedigno lo que pueda ver, oír, etc., que venga al caso de la situación que esté observando y debe hacerlo con una mente libre de prejuicios. Se pueden establecer o justi-

¹ J. J. Davies, *On the scientific method*, Londres, Longman, 1968, página 8.

² H. D. Anthony, *Science and its background*, Londres, Macmillan, 1948, p. 145.

ficar directamente como verdaderos los enunciados hechos acerca del estado del mundo o de una parte de él por un observador libre de prejuicios mediante la utilización de sus sentidos. Los enunciados a los que se llega de este modo (los llamaremos enunciados observacionales) forman, pues, la base de la que se derivan las leyes y teorías que constituyen el conocimiento científico. A continuación presentamos algunos ejemplos de enunciados observacionales no muy excitantes:

A las doce de la noche del 1 de enero de 1975, Marte aparecía en tal y tal posición en el cielo.

Ese palo, sumergido parcialmente en el agua, parece que está doblado.

El señor Smith golpeó a su mujer.

El papel de tornasol se vuelve rojo al ser sumergido en el líquido.

La verdad de estos enunciados se ha de establecer mediante una cuidadosa observación. Cualquier observador puede establecer o comprobar su verdad utilizando directamente sus sentidos. Los observadores pueden ver por sí mismos.

Los enunciados del tipo citado anteriormente pertenecen al conjunto de los denominados *enunciados singulares*. Los enunciados singulares, a diferencia de un segundo grupo de enunciados que veremos en breve, se refieren a un determinado acontecimiento o estado de cosas en un determinado lugar y en un momento determinado. El primer enunciado se refiere a una determinada aparición de Marte en un determinado lugar del cielo en un momento especificado, el segundo a una determinada observación de un determinado palo, etc. Es evidente que todos los enunciados observacionales serán enunciados singulares. Proceden de la utilización que hace el observador de sus sentidos en un lugar y un momento determinados.

A continuación veremos algunos ejemplos simples que podrían formar parte del conocimiento científico.

De la astronomía:

Los planetas se mueven en elipses alrededor de su sol.

De la física:

Cuando un rayo de luz pasa de un medio a otro cambia de dirección de tal manera que el seno del ángulo de incidencia dividido por el seno del ángulo de refracción es una característica constante de los dos medios.

De la psicología:

Los animales en general poseen una necesidad inherente de algún tipo de descarga agresiva.

De la química:

Los ácidos vuelven rojo el papel de tornasol.

Estos son enunciados generales que expresan afirmaciones acerca de las propiedades o el comportamiento de algún aspecto del universo. A diferencia de los enunciados singulares, se refieren a *todos* los acontecimientos de un determinado tipo en todos los lugares y en todos los tiempos. Todos los planetas, estén donde estén situados, se mueven siempre en elipses alrededor de su sol. Siempre que se produce una refracción lo hace según la ley de refracción enunciada anteriormente. Todas las leyes y teorías que constituyen el conocimiento científico son afirmaciones generales de esa clase y a tales enunciados se les denomina *enunciados universales*.

Ahora se puede plantear la siguiente cuestión. Si la ciencia se basa en la experiencia, entonces ¿por qué medios se pueden obtener de los enunciados singulares, que resultan de la observación, los enunciados generales que constituyen el conocimiento científico? ¿Cómo se pueden justificar las afirmaciones generales y no restringidas que constituyen nuestras teorías, basándose en la limitada evidencia constituida por un número limitado de enunciados observacionales?

La respuesta inductivista es que, suponiendo que se den ciertas condiciones, es lícito *generalizar*, a partir de una lista finita de enunciados observacionales singulares, una

ley universal. Por ejemplo, podría ser lícito generalizar, a partir de una lista finita de enunciados observacionales referentes al papel de tornasol que se vuelve rojo al ser sumergido en ácido, esta ley universal: «los ácidos vuelven rojo el papel de tornasol», o generalizar, a partir de una lista de observaciones referentes a metales calentados, la ley: «los metales se dilatan al ser calentados». Las condiciones que deben satisfacer esas generalizaciones para que el inductivista las considere lícitas se pueden enumerar así:

1. El número de enunciados observacionales que constituyan la base de una generalización debe ser grande.
2. Las observaciones se deben repetir en una amplia variedad de condiciones.
3. Ningún enunciado observacional aceptado debe entrar en contradicción con la ley universal derivada.

La condición 1 se considera necesaria, porque evidentemente no es lícito concluir que todos los metales se dilatan al ser calentados basándose en una sola observación de la dilatación de una barra de metal, por ejemplo, de la misma manera que no es lícito concluir que todos los australianos son unos borrachos basándose en la observación de un australiano embriagado. Serán necesarias una gran cantidad de observaciones antes de que se pueda justificar cualquier generalización. El inductivista insiste en que no debemos sacar conclusiones precipitadas.

Un modo de aumentar el número de observaciones en los ejemplos mencionados sería calentar repetidas veces una misma barra de metal u observar de modo continuado a un australiano que se emborracha noche tras noche, y quizás día tras día. Evidentemente, una lista de enunciados observacionales obtenidos de ese modo formarían una base muy insatisfactoria para las respectivas generalizaciones. Por eso es necesaria la condición 2. «Todos los metales se dilatan al ser calentados» sólo será una generalización lícita si las observaciones de la dilatación en las que se basa abarcan una amplia variedad de condiciones. Habría que calentar diversos tipos de metales, barras de hierro largas, barras de hierro cortas, barras de plata, barras de cobre, etc., a

alta y baja presión, a altas y bajas temperaturas, etc. Si en todas las ocasiones todas las muestras de metal calentadas se dilatan, entonces y sólo entonces es lícito generalizar a partir de la lista resultante de enunciados observacionales la ley general. Además, resulta evidente que si se observa que una determinada muestra de metal no se dilata al ser calentada, entonces no estará justificada la generalización universal. La condición 3 es esencial.

El tipo de razonamiento analizado, que nos lleva de una lista finita de enunciados singulares a la justificación de un enunciado universal, que nos lleva de la parte al todo, se denomina razonamiento *inductivo* y el proceso se denomina inducción. Podríamos resumir la postura inductivista ingenua diciendo que, según ella, la ciencia se basa en el *principio de inducción*, que podemos expresar así:

Si en una amplia variedad de condiciones se observa una gran cantidad de A y si todos los A observados poseen sin excepción la propiedad B, entonces todos los A tienen la propiedad B.

Así pues, según el inductivista ingenuo el conjunto del conocimiento científico se construye mediante la inducción a partir de la base segura que proporciona la observación. A medida que aumenta el número de hechos establecidos mediante la observación y la experimentación y que se hacen más refinados y esotéricos los hechos debido a las mejoras conseguidas en las técnicas experimentales y observacionales, más son las leyes y teorías, cada vez de mayor generalidad y alcance, que se construyen mediante un cuidadoso razonamiento inductivo. El crecimiento de la ciencia es continuo, siempre hacia adelante y en ascenso, a medida que aumenta el fondo de datos observacionales.

Hasta ahora, el análisis sólo constituye una explicación parcial de la ciencia, ya que, con seguridad, una característica importante de la ciencia es su capacidad para *explicar* y *predecir*. El conocimiento científico es lo que permite al astrónomo predecir cuándo se producirá el próximo eclipse solar o al físico explicar por qué el punto de ebullición del agua es inferior al normal en altitudes elevadas. La figura 1 representa, de forma esquemática, un resumen de toda la

historia inductivista de la ciencia. El lado izquierdo de la figura se refiere a la derivación de leyes y teorías científicas a partir de la observación que ya hemos analizado. Queda por analizar el lado derecho. Antes de hacerlo, hablaremos un poco del carácter de la lógica y del razonamiento deductivo.

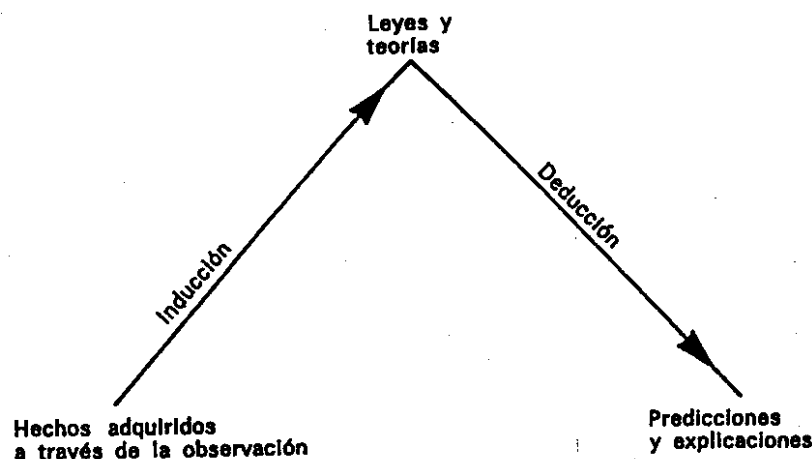


Figura 1

III. LÓGICA Y RAZONAMIENTO DEDUCTIVO

Una vez que un científico tiene a su disposición leyes y teorías universales puede extraer de ellas diversas consecuencias que le sirven como explicaciones y predicciones. Por ejemplo, dado el hecho de que los metales se dilatan al ser calentados es posible derivar el hecho de que los raíles de ferrocarril continuos, sin que existan entre ellos pequeños huecos, se distorsionarán con el calor del sol. Al tipo de razonamiento empleado en las derivaciones de esta clase se le denomina razonamiento *deductivo*. La deducción es distinta de la inducción de la que ya se habló en la sección anterior.

El estudio del razonamiento deductivo constituye la dis-

ciplina de la lógica³. No se intentará proporcionar una explicación y valoración detalladas de la lógica en este libro. En lugar de esto, se ilustrarán algunas de las características importantes para nuestro análisis de la ciencia mediante ejemplos triviales.

He aquí un ejemplo de deducción lógica.

Ejemplo 1:

1. Todos los libros de filosofía son aburridos.
2. Este libro es un libro de filosofía.

3. Este libro es aburrido.

En este argumento, (1) y (2) son las premisas y (3) es la conclusión. Es evidente, creo, que si (1) y (2) son verdaderas, (3) ha de ser verdadera. No es posible que (3) sea falsa si (1) y (2) son verdaderas, ya que si (1) y (2) fueran verdaderas y (3) falsa ello supondría una contradicción. Esta es la característica clave de una deducción *lógicamente válida*. Si las premisas de una deducción lógicamente válida son verdaderas, entonces la conclusión debe ser verdadera.

Una ligera modificación del ejemplo anterior nos proporcionará un caso de deducción no válida.

Ejemplo 2:

1. Muchos libros de filosofía son aburridos.
2. Este libro es un libro de filosofía.

3. Este libro es aburrido.

En este ejemplo, (3) no se sigue necesariamente de (1) y (2). Es posible que (1) y (2) sean verdaderas y que, no obstante, (3) sea falsa. Aunque (1) y (2) sean verdaderas, puede suceder

³ A veces se considera que la lógica incluye el estudio del razonamiento inductivo, de manera que hay una lógica inductiva así como una lógica deductiva. En este libro se entenderá que la lógica es solamente el estudio del razonamiento deductivo.

que este libro sea, sin embargo, uno de los pocos libros de filosofía que no son aburridos. Afirmar que (1) y (2) son verdaderas y que (3) es falsa no supone una contradicción. El argumento no es válido.

El lector se puede sentir ya aburrido. Las experiencias de ese tipo tienen que ver, ciertamente, con la verdad de los enunciados (1) y (3) en los ejemplos 1 y 2. Pero una cuestión que hay que señalar aquí es que la lógica y la deducción por sí solas no pueden establecer la verdad de unos enunciados fácticos del tipo que figura en nuestros ejemplos. Lo único que la lógica puede ofrecer a este respecto es que, si las premisas son verdaderas, entonces la conclusión debe ser verdadera. Pero el hecho de que las premisas sean verdaderas o no no es una cuestión que se pueda resolver apelando a la lógica. Una argumentación puede ser una deducción perfectamente lógica aunque conlleve una premisa que sea de hecho falsa. He aquí un ejemplo.

Ejemplo 3:

1. Todos los gatos tienen cinco patas.
2. Bugs Pussy es mi gato.

3. Bugs Pussy tiene cinco patas.

Esta deducción es perfectamente válida. El caso es que si (1) y (2) son verdaderas, entonces (3) debe ser verdadera. Sucede que en este ejemplo (1) y (3) son falsas, pero esto no afecta a la condición de la argumentación como deducción válida. Así pues, la lógica deductiva por sí sola no actúa como fuente de enunciados verdaderos acerca del mundo. La deducción se ocupa de la derivación de enunciados a partir de otros enunciados dados.

IV. LA PREDICCIÓN Y LA EXPLICACIÓN EN EL INDUCTIVISMO

Ahora estamos en condiciones de comprender de una manera simple el funcionamiento de las leyes y teorías como apa-

ratos explicatorios y predictivos en la ciencia. Una vez más comenzaré con un ejemplo trivial para ilustrar la cuestión. Consideremos el siguiente argumento:

1. El agua completamente pura se congela a unos 0°C (si se le da tiempo suficiente).
2. El radiador de mi coche contiene agua completamente pura.
3. Si la temperatura baja a 0°C , el agua del radiador de mi coche se congelará (si se le da tiempo suficiente).

Aquí tenemos un ejemplo de argumentación lógica válida para deducir la predicción (3) del conocimiento científico contenido en la premisa (1). Si (1) y (2) son verdaderas, (3) debe ser verdadera. Sin embargo, la verdad de (1), (2) y (3) no se establece gracias a ésta o a otra deducción. Para un inductivista, la fuente de la verdad no es la lógica, sino la experiencia. Desde este punto de vista, (1) se determinará por observación directa del agua congelada. Una vez que se han establecido (1) y (2) mediante la observación y la inducción, se puede *deducir* de ellas la predicción (3).

Ejemplos menos triviales serán más complicados, pero los papeles que desempeñan la observación, la inducción y la deducción siguen siendo en esencia los mismos. Como ejemplo final consideraremos la explicación inductivista de cómo puede la ciencia física explicar el arco iris.

La premisa simple (1) del ejemplo anterior es reemplazada en este caso por una serie de leyes que rigen el comportamiento de la luz, a saber, las leyes de la reflexión y de la refracción de la luz y afirmaciones acerca de la medida en que el grado de refracción depende del color. Estos principios generales se derivan de la experiencia por inducción. Se efectúan una gran cantidad de experimentos de laboratorio, reflejando rayos de luz de espejos y superficies de agua, midiendo los ángulos de incidencia y refracción de los rayos de luz que pasan del aire al agua, del agua al aire, etc., en una gran variedad de condiciones, repitiendo los experimentos con luz de varios colores, etc., hasta que se dan las condiciones necesarias para considerar lícita la generalización inductiva de las leyes de la óptica.

También se reemplazará la premisa (2) del ejemplo anterior por una serie más compleja de enunciados. Dichos enunciados incluirán afirmaciones en el sentido de que el sol está situado en una posición determinada en el cielo con respecto a un observador en la tierra, y que caen gotas de lluvia procedentes de una nube situada en una región determinada con relación al observador. Nos referiremos a estos conjuntos de enunciados, que describen los detalles de la situación que se está investigando, como las *condiciones iniciales*. Las descripciones de las situaciones experimentales serán ejemplos típicos de condiciones iniciales.

Dadas las leyes de la óptica y las condiciones iniciales, es posible entonces efectuar deducciones que proporcionen una explicación de la formación de un arco iris visible para el observador. Estas deducciones ya no serán tan evidentes como en nuestros ejemplos anteriores y supondrán tanto argumentaciones matemáticas como verbales. La argumentación será más o menos la siguiente. Si suponemos que una gota de lluvia es más o menos esférica, entonces el trayecto de un rayo de luz a través de una gota de agua será más o menos el dibujado en la figura 2. Si un rayo de luz blanca incide en una gota de lluvia en a , entonces, si la ley de la refracción es verdadera, el rayo rojo viajará a lo largo de la línea ab y el rayo azul a lo largo de ab' . Una vez más, si las leyes que rigen la reflexión son verdaderas, entonces ab debe reflejarse a lo largo de bc y ab' a lo largo de $b'c'$. De nuevo la refracción en c y c' se determinará mediante la ley de la refracción, de modo que un observador que contemple la gota de lluvia verá los componentes rojo y azul de la luz blanca por separado (y también todos los demás colores del espectro). Nuestro observador también podrá ver la misma separación de colores en cualquier gota de lluvia que esté situada en una parte del cielo tal que la línea que una la gota de lluvia con el sol forme un ángulo D con la línea que une la gota de lluvia con el observador. Así pues, las consideraciones geométricas proporcionan la conclusión de que el observador podrá ver un arco coloreado, siempre que la nube de lluvia esté suficientemente extendida.

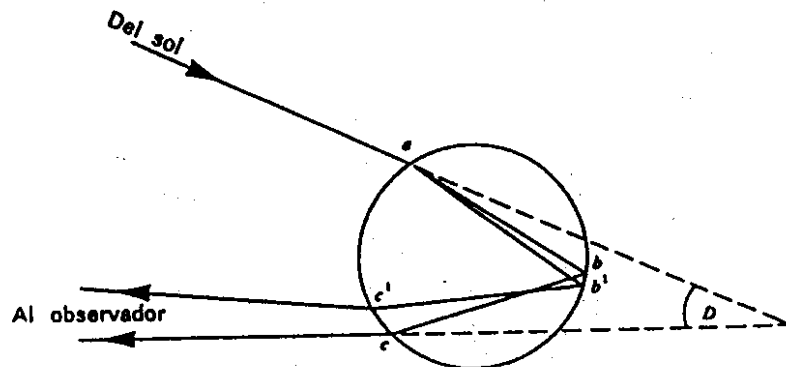


Figura 2

En esta ocasión sólo he bosquejado la explicación del arco iris, pero lo que se ofrece debe bastar para ejemplificar la forma general del razonamiento implicado. Dado que las leyes de la óptica son verdaderas (y para el inductivista ingenuo eso se puede establecer por inducción a partir de la observación) y dado que las condiciones iniciales están descritas de modo preciso, se sigue necesariamente la explicación del arco iris. Se puede resumir de la siguiente manera la forma general de todas las explicaciones y predicciones científicas:

1. Leyes y teorías
2. Condiciones iniciales
3. Predicciones y explicaciones

Esta es la etapa representada en el lado derecho de la figura 1.

La siguiente descripción del método científico, efectuada por un economista del siglo xx, se ajusta exactamente a la concepción inductivista ingenua de la ciencia tal y como la he descrito e indica que no es tan sólo una postura que me he inventado con el propósito de criticarla.

Si tratamos de imaginar cómo utilizaría el método científico una mente de poder y alcance sobrehumanos, pero normal por lo que se refiere a los procesos lógicos de su pensamiento... el proceso sería el siguiente: En primer lugar, se observarían y regis-

trarían todos los hechos, sin *seleccionarlos* ni hacer conjeturas *a priori* por lo que se refiere a su importancia relativa. En segundo lugar, se analizarían, compararían y clasificarían los hechos registrados y observados, sin más *hipótesis* o *postulados* que los que necesariamente supone la lógica del pensamiento. En tercer lugar, se harían generalizaciones inductivas referentes a las relaciones clasificatorias o causales que hay entre los hechos, a partir de ese análisis de ellos. En cuarto lugar, la investigación posterior sería tanto deductiva como inductiva, utilizando inferencias realizadas a partir de generalizaciones previamente establecidas⁴.

V. EL ENCANTO DEL INDUCTIVISMO INGENUO

La concepción inductivista ingenua de la ciencia tiene ciertos méritos aparentes. Su atractivo parece residir en el hecho de que proporciona una explicación formalizada de algunas de las impresiones populares sobre el carácter de la ciencia, su poder explicatorio y predictivo, su objetividad y su superior fiabilidad en comparación con otras formas de conocimiento.

Ya hemos visto cómo el inductivista ingenuo da cuenta del poder explicatorio y predictivo de la ciencia.

La objetividad de la ciencia inductivista se deriva del hecho de que tanto la observación como el razonamiento inductivo son objetivos en sí mismos. Cualquier observador que haga un uso normal de sus sentidos puede averiguar enunciados observacionales. No se permite que se inmiscuya ningún elemento personal, subjetivo. La validez de los enunciados observacionales, cuando se obtienen de manera correcta, no dependen del gusto, la opinión, las esperanzas o las expectativas del observador. Lo mismo se puede decir del razonamiento inductivo, mediante el cual se deriva el conocimiento científico a partir de los enunciados observacionales. O las inducciones satisfacen las condiciones prescritas o no las satisfacen. No es una cuestión subjetiva de opinión.

⁴ Esta cita, debida a A. B. Wolfe, está extraída de *Philosophy of natural science*, de Carl G. Hempel, Englewood Cliffs (Nueva Jersey), Prentice-Hall, 1966, p. 11 [p. 27]. Las cursivas son de la cita original.

La fiabilidad de la ciencia se sigue de las afirmaciones del inductivista acerca de la observación y la inducción. Los enunciados observacionales que forman la base de la ciencia son seguros y fiables porque su verdad se puede determinar haciendo uso directo de los sentidos. Además, la fiabilidad de los enunciados observacionales se transmitirá a las leyes y teorías derivadas de ellos, siempre que se satisfagan las condiciones para una lícita inducción, lo cual queda garantizado por el principio de inducción que forma la base de la ciencia según el inductivista ingenuo.

Ya he mencionado que considero que la concepción inductivista ingenua de la ciencia está muy equivocada y es peligrosamente engañosa. En los dos próximos capítulos comenzaré a decir por qué. Sin embargo, quizás deba aclarar que la postura que he esbozado es una forma muy extrema de inductivismo. Muchísimos inductivistas sofisticados no querrían verse asociados con algunas características de mi inductivismo ingenuo. No obstante, todos los inductivistas afirmarían que, en la medida en que se pueden justificar las teorías científicas, se justifican porque se apoyan inductivamente en la base más o menos segura que proporciona la experiencia. Los capítulos siguientes de este libro nos proporcionarán una gran abundancia de razones para poner en duda esta afirmación.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

El inductivismo ingenuo que he descrito es demasiado ingenuo para que los filósofos lo traten de una manera comprensiva. Un intento clásico y complejo de sistematizar el razonamiento inductivo es *A system of logic*, de John Stewart Mill (Londres, Longman, 1961). Un resumen sencillo y excelente de las opiniones más modernas se encuentra en *The foundations of scientific inference*, de Wesley C. Salmon (Pittsburgh, Pittsburgh University Press, 1975). La medida en que los filósofos inductivistas se ocupan de la base empírica del conocimiento y de su origen en la percepción sensorial resulta muy evidente en *The foundations of empirical knowledge*, de A. J. Ayer (Londres, Macmillan, 1955). Una buena descripción y sencilla discusión de las posturas tradicionales sobre la percepción sensorial se encuentra

en la obra de C. W. K. Mundle, *Perception: facts and theories* (Oxford, Oxford University Press, 1971). Como muestra de esa rama del inductivismo denominada positivismo lógico sugiero dos recopilaciones de artículos, *Logical positivism*, compilado por A. J. Ayer (Glencoe, Free Press, 1959) y *The philosophy of Rudolf Carnap*, compilado por P. A. Schilpp (La Salle, Illinois, Open Court, 1963). Hasta qué punto el programa inductivista se ha hecho sumamente técnico resulta evidente en *Logical foundations of probability*, de R. Carnap (Chicago, University of Chicago Press, 1962).

2. EL PROBLEMA DE LA INDUCCION

I. ¿SE PUEDE JUSTIFICAR EL PRINCIPIO DE INDUCCION?

Según el inductivista ingenuo, la ciencia comienza con la observación; la observación proporciona una base segura sobre la que se puede construir el conocimiento científico, y el conocimiento científico se deriva, mediante la inducción, de los enunciados observacionales. En este capítulo, se criticará la concepción inductivista de la ciencia, poniendo en duda el tercero de estos supuestos. Se pondrá en duda la validez y justificabilidad del principio de inducción. Más adelante, en el capítulo 3, se recusarán y refutarán los dos primeros supuestos.

Mi versión del principio de inducción dice así: «Si en una gran variedad de condiciones se observa una gran cantidad de A y todos los A observados, sin excepción, poseen la propiedad B, entonces todos los A poseen la propiedad B». Este principio, o algo muy parecido, es el principio básico en el que se basa la ciencia, si se acepta la postura inductivista ingenua. A la vista de esto, una cuestión obvia con la que se enfrenta el inductivista es: «¿Cómo se puede justificar el principio de inducción?». Esto es, si la observación nos proporciona un conjunto seguro de enunciados observacionales como punto de partida (supuesto que tenemos que dar por sentado para el desarrollo de la argumentación de este capítulo), ¿por qué el razonamiento *inductivo* conduce al conocimiento científico fiable e incluso verdadero? Al inductivista se le abren dos vías de acercamiento al problema para intentar responder a esta cuestión. Podría tratar de justificar el principio apelando a la lógica, recurso que admitimos francamente, o podría intentar justificar el principio apelando a la experiencia, recurso que yace en la base

de toda su concepción científica. Examinemos sucesivamente estas dos posibilidades.

Las argumentaciones lógicas válidas se caracterizan por el hecho de que, si la premisa de la argumentación es verdadera, entonces la conclusión debe ser verdadera. Las argumentaciones deductivas poseen ese carácter. El principio de inducción estaría de seguro justificado si las argumentaciones inductivas también lo poseyeran, pero no es así. Las argumentaciones inductivas no son argumentaciones lógicamente válidas. No se da el caso de que, si las premisas de una inferencia inductiva son verdaderas, entonces la conclusión deba ser verdadera. Es posible que la conclusión de una argumentación inductiva sea falsa y que sus premisas sean verdaderas sin que ello suponga una contradicción. Supongamos, por ejemplo, que hasta la fecha haya observado una gran cantidad de cuervos en una amplia variedad de circunstancias y que haya observado que todos ellos han sido negros y, basándome en eso, concluyo: «Todos los cuervos son negros». Esta es una inferencia inductiva perfectamente lícita. Las premisas de esta inferencia son un gran número de enunciados del tipo: «Se observó que el cuervo x era negro en el momento t » y consideramos que todos eran verdaderos. Pero no hay ninguna garantía lógica de que el siguiente cuervo que observe no sea rosa. Si éste fuera el caso, entonces «Todos los cuervos son negros» sería falso. Esto es, la inferencia inductiva inicial, que era lícita en la medida en que satisfacía los criterios especificados por el principio de inducción, habría llevado a una conclusión falsa, a pesar de que todas las premisas de la inferencia fueran verdaderas. No supone ninguna contradicción lógica afirmar que todos los cuervos observados han resultado ser negros y también que no todos los cuervos son negros. La inducción no se puede justificar sobre bases estrictamente lógicas.

Un ejemplo de la cuestión, más interesante aunque bastante truculento, lo constituye la explicación de la historia del pavo inductivista por Bertrand Russell. Este pavo descubrió que, en su primera mañana en la granja avícola, comía a las 9 de la mañana. Sin embargo, siendo como era un buen inductivista, no sacó conclusiones precipitadas. Esperó hasta que recogió una gran cantidad de observacio-

nes del hecho de que comía a las 9 de la mañana e hizo estas observaciones en una gran variedad de circunstancias, en miércoles y en jueves, en días fríos y calurosos, en días lluviosos y en días soleados. Cada día añadía un nuevo enunciado observacional a su lista. Por último, su conciencia inductivista se sintió satisfecha y efectuó una inferencia inductiva para concluir: «Siempre como a las 9 de la mañana». Pero, ¡ay! se demostró de manera indudable que esta conclusión era falsa cuando, la víspera de Navidad, en vez de darle la comida, le cortaron el cuello. Una inferencia inductiva con premisas verdaderas ha llevado a una conclusión falsa.

El principio de inducción no se puede justificar simplemente apelando a la lógica. Dado este resultado, parecería que el inductivista, según su propio punto de vista, está ahora obligado a indicar cómo se puede derivar de la experiencia el principio de inducción. ¿Cómo sería una derivación semejante? Probablemente, sería algo así. Se ha observado que la inducción funciona en un gran número de ocasiones. Por ejemplo, las leyes de la óptica, derivadas por inducción de los resultados de los experimentos de laboratorio, se han utilizado en numerosas ocasiones para diseñar instrumentos ópticos y estos instrumentos han funcionado de modo satisfactorio. Asimismo, las leyes del movimiento planetario, derivadas de observaciones de las posiciones de los planetas, etc., se han empleado con éxito para predecir eclipses. Se podría ampliar esta lista con informes de explicaciones y predicciones posibilitadas por leyes y teorías científicas derivadas inductivamente. De este modo, se justifica el principio de inducción.

La anterior justificación de la inducción es completamente inaceptable, como ya demostrara David Hume a mediados del siglo XVIII. La argumentación que pretende justificar la inducción es circular ya que emplea el mismo tipo de argumentación inductiva cuya validez se supone que necesita justificación. La forma de la argumentación justificatoria es la siguiente:

El principio de inducción funcionó con éxito en la ocasión x_1 .
El principio de inducción funcionó con éxito en la ocasión x_2 ,
etcétera.

El principio de inducción funciona siempre.

Aquí se infiere un enunciado universal que afirma la validez del principio de inducción a partir de cierta cantidad de enunciados singulares que registran aplicaciones con éxito del principio en el pasado. Por lo tanto, la argumentación es inductiva y, no se puede, pues, utilizar para justificar el principio de inducción. No podemos utilizar la inducción para justificar la inducción. Esta dificultad, que va unida a la justificación de la inducción, ha sido denominada tradicionalmente «el problema de la inducción».

Parece, pues, que el inductivista ingenuo impenitente tiene problemas. La exigencia extrema de que todo conocimiento se derive de la experiencia mediante reglas de inducción excluye el principio de inducción, básico para la postura inductivista.

Además de la circularidad que conllevan los intentos de justificar el principio de inducción, el principio, tal y como lo he establecido, adolece de otras desventajas. Estas desventajas proceden de la vaguedad y equivocidad de la exigencia de que se realice un «gran número» de observaciones en una «amplia variedad» de circunstancias.

¿Cuántas observaciones constituyen un gran número? ¿Cuántas veces hay que calentar una barra de metal, diez veces, cien veces, antes de que podamos concluir que siempre se dilata al ser calentada? Sea cual fuere la respuesta a esta cuestión, se pueden presentar ejemplos que hagan dudar de la invariable necesidad de un gran número de observaciones. Para ilustrar esta cuestión, me referiré a la fuerte reacción pública en contra de la guerra nuclear que siguió al lanzamiento de la primera bomba atómica en Hiroshima al final de la segunda guerra mundial. Esta reacción se basaba en la constatación de que las bombas atómicas originan destrucción y muerte por doquier y un enorme sufrimiento humano. Y, no obstante, esta creencia generalizada se basaba en una sola y dramática observación. Del mismo modo, un

inductivista muy terco tendría que poner su mano en el fuego muchas veces antes de concluir que el fuego quema. En circunstancias como éstas, la exigencia de un gran número de observaciones parece inapropiada. En otras situaciones, la exigencia parece más plausible. Por ejemplo, estaríamos justificadamente, poco dispuestos a atribuir poderes sobrenaturales a un adivino basándonos en una sola predicción correcta. Y tampoco sería justificable concluir una conexión causal entre fumar y el cáncer de pulmón basándonos en la evidencia de un solo fumador empedernido que contraiga la enfermedad. Creo que está claro en estos ejemplos que si el principio de inducción ha de ser una guía de lo que se considere una lícita inferencia científica, entonces hay que matizar con cierto cuidado la cláusula del «gran número».

Además, la postura inductivista ingenua se ve amenazada cuando se examina en detalle la exigencia de que se efectúen las observaciones en una amplia variedad de circunstancias. ¿Qué se ha de considerar como variación significativa en las circunstancias? Por ejemplo, cuando se investiga el punto de ebullición del agua ¿es necesario variar la presión, la pureza del agua, el método de calentamiento y el momento del día? La respuesta a las dos primeras sugerencias es «sí» y a las dos segundas «no». Pero, ¿en qué nos basamos para dar estas respuestas? Esta cuestión es importante porque la lista de variaciones se puede extender indefinidamente añadiendo una variedad de variaciones adicionales tales como el color del recipiente, la identidad del experimentador, la situación geográfica, etc. A menos que se puedan eliminar esas variaciones «superfluas», el número de variaciones necesarias para hacer una lícita inferencia inductiva será infinitamente grande. ¿Sobre qué base, pues, se considera superflua una gran cantidad de variaciones? Creo que la respuesta está bastante clara. Las variaciones que son significativas se distinguen de las que son superfluas apelando a nuestro *conocimiento teórico de la situación* y de los tipos de mecanismos físicos operativos. Pero admitir esto es admitir que la teoría desempeña un papel vital *antes* de la observación. El inductivista ingenuo no puede admitir eso. Sin embargo, insistir en este punto conduciría a las críticas del inductivismo que he reservado para el siguiente capítulo. Simple-

mente observaré ahora que la cláusula de la «amplia variedad de circunstancias» en el principio de inducción plantea al inductivista serios problemas.

II. LA RETIRADA A LA PROBABILIDAD

Hay una manera muy evidente de moderar la postura extrema del inductivismo ingenuo criticada en la sección anterior en un intento de contrarrestar algunas críticas. Una argumentación que defendiera una postura más moderada podría ser la siguiente.

No podemos estar ciento por ciento seguros de que sólo porque hayamos observado en muchas ocasiones que el sol sale cada día, el sol saldrá todos los días. (De hecho en el Artico y en el Antártico hay días en que el sol no sale.) No podemos estar ciento por ciento seguros de que la siguiente piedra que arrojemos no «caerá» hacia arriba. Sin embargo, aunque no se puede garantizar que las generalizaciones a las que se ha llegado mediante inducciones lícitas sean perfectamente verdaderas, son *probablemente* verdaderas. A la luz de las pruebas, es muy probable que el sol siempre salga en Sidney y que las piedras caigan hacia abajo al ser arrojadas. El conocimiento científico no es conocimiento probado, pero representa un conocimiento que es probablemente verdadero. Cuanto mayor sea el número de observaciones que formen la base de una inducción y cuanto mayor sea la variedad de condiciones en las cuales se hayan realizado estas observaciones, mayor será la probabilidad de que las generalizaciones resultantes sean verdaderas.

Si se adopta esta versión modificada de la inducción, entonces se reemplazará el principio de inducción por una versión probabilista que dirá más o menos lo siguiente: «Si en una amplia variedad de condiciones se ha observado un gran número de A y si todos estos A observados poseen sin excepción la propiedad B, entonces probablemente todos los A poseen la propiedad B». Esta reformulación no supera el problema de la inducción. El principio reformulado sigue siendo un enunciado universal. Basándose en un número finito de éxitos, implica que todas las aplicaciones del prin-

cipio conducirán a conclusiones generales que son probablemente verdaderas. Los intentos de justificar la versión probabilista del principio de inducción apelando a la experiencia han de adolecer de la misma deficiencia que los intentos de justificar el principio en su forma original. La justificación utilizará una argumentación del tipo que se considera necesitado de justificación.

Aunque el principio de inducción en su versión probabilista se pueda justificar, existen problemas adicionales con los que se enfrenta nuestro más precavido inductivista. Los problemas adicionales están relacionados con las dificultades que se encuentran cuando se trata de precisar exactamente la probabilidad de una ley o teoría a la luz de unas pruebas especificadas. Puede parecer intuitivamente plausible que, a medida que aumenta el apoyo observacional que recibe una ley universal, aumente también la probabilidad de que sea verdadera. Pero esta intuición no resiste un examen. Según la teoría oficial de la probabilidad, es muy difícil dar una explicación de la inducción que evite la consecuencia de que la probabilidad de cualquier enunciado universal que afirme algo sobre el mundo sea cero, sea cual fuere la evidencia observacional. Para decirlo de una manera no técnica, cualquier evidencia observacional constará de un número finito de enunciados observacionales, mientras que un enunciado universal hace afirmaciones acerca de un número infinito de posibles situaciones. La probabilidad de que sea cierta la generalización universal es, por tanto, un número finito dividido por un número infinito, lo cual sigue siendo cero por mucho que aumente el número finito de enunciados observacionales que constituyan la evidencia.

Este problema, junto con los intentos de atribuir probabilidades a las teorías y leyes científicas a la luz de la evidencia dada, ha dado origen a un detallado programa técnico de investigación que en las últimas décadas han seguido y desarrollado tenazmente los inductivistas. Se han construido lenguajes artificiales en los que es posible atribuir probabilidades únicas, no iguales a cero, a ciertas generalizaciones pero estos lenguajes son tan limitados que no contienen generalizaciones universales. Están lejos del lenguaje de la ciencia.

Otro intento de salvar el programa inductivista supone renunciar a la idea de atribuir probabilidades a las teorías y leyes científicas. En lugar de esto, se llama la atención sobre la probabilidad de que sean correctas las predicciones individuales. Según este enfoque, el objeto de la ciencia es, por ejemplo, estimar la probabilidad de que el sol salga mañana en vez de la probabilidad de que salga siempre. Se espera que la ciencia sea capaz de proporcionar la garantía de que un puente de cierto diseño resista diversas tensiones y no se hunda, pero no de que todos los puentes de ese diseño sean satisfactorios. Se han desarrollado algunos sistemas en ese sentido que permiten que se atribuya probabilidades no iguales a cero a predicciones individuales. Se mencionarán a continuación dos de las críticas que se les hacen. En primer lugar, la idea de que la ciencia se ocupa de la producción de un conjunto de predicciones individuales y no de la producción de conocimiento en forma de complejo de enunciados generales es, por lo menos, anti-intuitiva. En segundo lugar, aunque se limite la atención a las predicciones individuales, se puede argumentar que las teorías científicas, y por tanto los enunciados universales, están inevitablemente implícitas en la estimación de la probabilidad de que tenga éxito una predicción. Por ejemplo, en un sentido intuitivo, no técnico, de «probable» podemos estar dispuestos a afirmar que es hasta cierto punto probable que un fumador empedernido muera de cáncer de pulmón. La evidencia que apoye la afirmación estará presumiblemente constituida por los datos estadísticos disponibles. Pero esta probabilidad intuitiva aumentará de modo significativo si se dispone de una teoría plausible y bien fundada que implique alguna conexión causal entre fumar y el cáncer de pulmón. De modo similar, aumentarán las estimaciones de la probabilidad de que el sol salga mañana una vez que se tenga en cuenta el conocimiento de las leyes que rigen el comportamiento del sistema solar. Pero el hecho de que la probabilidad de la corrección de las predicciones dependa de las teorías y leyes universales socava el intento inductivista de atribuir probabilidades no iguales a cero a las predicciones individuales. Una vez que se encuentran implícitos de un modo significativo enunciados universales,

las probabilidades de la corrección de las predicciones individuales amenazan de nuevo con ser iguales a cero.

III. POSIBLES RESPUESTAS AL PROBLEMA DE LA INDUCCIÓN

Enfrentados al problema de la inducción y a las cuestiones conexas, los inductivistas han tropezado con dificultad tras dificultad al intentar construir la ciencia como un conjunto de enunciados que se pueden establecer como verdaderos o como probablemente verdaderos a partir de una evidencia dada. Cada maniobra efectuada para cubrir la retaguardia les ha llevado más lejos de nociones intuitivas acerca de esa excitante empresa denominada ciencia. Su programa técnico ha conducido a adelantos interesantes dentro de la teoría de la probabilidad, pero no ha proporcionado nuevas ideas acerca de la naturaleza de la ciencia. Su programa ha degenerado.

Hay un cierto número de posibles respuestas al problema de la inducción. Una de ellas es la del escéptico. Podemos aceptar que la ciencia se basa en la inducción y la demostración que hizo Hume de que no se puede justificar la inducción apelando a la lógica o a la experiencia, y concluir que la ciencia no se puede justificar de un modo racional. El propio Hume adoptó una postura de este tipo. Mantuvo que nuestras creencias en las leyes y teorías no son más que hábitos psicológicos que adquirimos como resultado de las repeticiones de las observaciones relevantes.

Una segunda respuesta consiste en atenuar la exigencia inductivista de que todo el conocimiento no lógico se tenga que derivar de la experiencia y argumentar en favor del principio de inducción basándose en alguna otra razón. Sin embargo, considerar que el principio de inducción, o algo parecido, es «evidente» no es aceptable. Lo que consideramos evidente depende y tiene demasiado que ver con nuestra educación, nuestros prejuicios y nuestra cultura para ser una base fiable de lo que es razonable. En diversas etapas de la historia, para muchas culturas era evidente que la tierra era plana. Antes de la revolución científica de Galileo y Newton, era evidente que para que un objeto se moviera,

era necesaria una fuerza o causa de algún tipo que lo moviera. Esto puede ser evidente para algunos lectores de este libro que carezcan de una formación física, y no obstante es falso. Si se ha de defender que es razonable el principio de inducción, entonces se ha de ofrecer una argumentación más sofisticada que la apelación a su evidencia.

Una tercera respuesta al problema de la inducción supone la negación de que la ciencia se base en la inducción. Se evitará el problema de la inducción si se puede establecer que la ciencia no conlleva la inducción. Esto es lo que intentan hacer los falsacionistas, y principalmente K. R. Popper. Analizaremos estos intentos en los capítulos 4, 5 y 6.

En este capítulo me he conducido de un modo demasiado parecido al de un filósofo. En el próximo capítulo pasaré a efectuar una crítica del inductivismo más interesante, más eficaz y más fructífera.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

La fuente histórica del problema de la inducción en Hume se encuentra en la tercera parte del *Treatise on human nature* de D. Hume (Londres, Dent, 1939). Otro análisis clásico del problema se halla en el capítulo 6 de *Problems of philosophy* de Bertrand Russell (Oxford, Oxford University Press, 1912). Un análisis y una investigación muy completos y técnicos de las consecuencias de la argumentación de Hume, realizado por un simpatizante del inductivismo, es *Probability and Hume's inductive scepticism* de D. C. Stove (Oxford, Oxford University Press, 1973). La pretensión de Popper de haber resuelto el problema de la inducción se encuentra resumida en «Conjectural knowledge: my solution to the problem of induction», capítulo 1 de *Objective knowledge* de K. R. Popper (Oxford, Oxford University Press, 1972). «Popper on demarcation and induction» de I. Lakatos, aparecido en *The philosophy of Karl R. Popper*, compilado por P. A. Schilpp (La Salle, Illinois, Open Court, 1974), pp. 241-73, es una crítica de la postura de Popper desde el punto de vista de un simpatizante del falsacionismo. Lakatos ha escrito una provocativa historia de la evolución del programa inductivista en «Changes in the problem of inductive logic», en *The problem*

of inductive logic, compilado por I. Lakatos (Amsterdam, North Holland Pub. Co., 1968), pp. 315-417. Hay críticas del inductivismo desde un punto de vista algo diferente al adoptado en este libro en la obra clásica de P. Duhem, *The aim and structure of physical theory* (Nueva York, Atheneum, 1962).

con el problema filosófico. También recomendaría con entusiasmo un libro apasionante sobre la percepción animal, *The magic of the senses*, de Vitus B. Droscher (Nueva York, Harper and Row, 1971). Este libro da una idea muy clara de las limitaciones y el carácter restringido de la percepción humana y de la arbitrariedad de los intentos por dar un significado fundamental a la información que los humanos reciben casualmente a través de sus sentidos.

4. INTRODUCCIÓN DEL FALSACIONISMO

El falsacionista admite francamente que la observación es guiada por la teoría y la presupone. También se congratula de abandonar cualquier afirmación que implique que las teorías se pueden establecer como verdaderas o probablemente verdaderas a la luz de la evidencia observacional. Las teorías se construyen como conjeturas o suposiciones especulativas y provisionales que el intelecto humano crea libremente en un intento de solucionar los problemas con que tropezaron las teorías anteriores y de proporcionar una explicación adecuada del comportamiento de algunos aspectos del mundo o universo. Una vez propuestas, las teorías especulativas han de ser comprobadas rigurosamente e implacablemente por la observación y la experimentación. Las teorías que no superan las pruebas observacionales y experimentales deben ser eliminadas y reemplazadas por otras conjeturas especulativas. La ciencia progresa gracias al ensayo y al error, a las conjeturas y refutaciones. Sólo sobreviven las teorías más aptas. Aunque nunca se puede decir lícitamente de una teoría que es verdadera, se puede decir con optimismo que es la mejor disponible, que es mejor que cualquiera de las que han existido antes.

I. UNA CUESTIÓN LÓGICA QUE APOYA AL FALSACIONISTA

Según el falsacionismo, se puede demostrar que algunas teorías son falsas apelando a los resultados de la observación y la experimentación. En este punto, hay una cuestión lógica, simple, que parece apoyar al falsacionista. Ya he indicado en el capítulo 2 que, aunque supongamos que disponemos de alguna manera de enunciados observacionales verdaderos, nunca es posible llegar a leyes y teorías univer-

sales basándose sólo en deducciones lógicas. Por otro lado, es posible efectuar deducciones lógicas, partiendo de enunciados observacionales singulares como premisas, y llegar a la falsedad de teorías y leyes universales mediante una deducción lógica. Por ejemplo, si tenemos el enunciado «En el lugar x y en el momento t se observó un cuervo que no era negro», entonces de esto se sigue lógicamente que «Todos los cuervos son negros» es falso. Esto es, la argumentación:

Premisa:

En el lugar x y en el momento t se observó un cuervo que no era negro.

Conclusión:

No todos los cuervos son negros.

es una deducción lógicamente válida. Si se afirma la premisa y se niega la conclusión, hay una contradicción. Uno o dos ejemplos más nos ayudarán a ilustrar esta cuestión lógica bastante trivial. Si se puede establecer mediante observación en una prueba experimental que un peso de 10 libras y otro de 1 libra en caída libre se mueven hacia abajo aproximadamente a la misma velocidad, entonces se puede concluir que la afirmación de que todos los cuerpos caen a velocidades proporcionales a sus pesos es falsa. Si se puede demostrar más allá de toda duda que un rayo de luz que pasa cerca del sol es desviado en una línea curva, entonces no es que la luz viaje necesariamente en línea recta.

La falsedad de enunciados universales se puede deducir de enunciados singulares adecuados. El falsacionista explota al máximo esta cuestión lógica.

II. LA FALSABILIDAD COMO CRITERIO DE TEORIAS

El falsacionista considera que la ciencia es un conjunto de hipótesis que se proponen a modo de ensayo con el propósito de describir o explicar de un modo preciso el comportamiento de algún aspecto del mundo o universo. Sin embargo, no todas las hipótesis lo consiguen. Hay una condición fun-

damental que cualquier hipótesis o sistema de hipótesis debe cumplir si se le ha de dar el estatus de teoría o ley científica. Si ha de formar parte de la ciencia, una hipótesis ha de ser *falsable*. Antes de seguir adelante, es importante aclarar la utilización que hace el falsacionista del término «falsable».

He aquí algunos ejemplos de afirmaciones simples que son falsables en el sentido deseado:

1. Los miércoles nunca llueve.
2. Todas las sustancias se dilatan al ser calentadas.
3. Los objetos pesados, como por ejemplo un ladrillo, caen directamente hacia abajo al ser arrojados cerca de la superficie de la tierra si no hay algo que lo impida.
4. Cuando un rayo de luz se refleja en un espejo plano, el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

La afirmación (1) es falsable porque se puede falsar al observar que llueve un miércoles. La afirmación (2) es falsable; se puede falsar mediante un enunciado observacional en el sentido de que una sustancia x no se dilató al ser calentada en el tiempo t . El agua cerca de su punto de congelación serviría para falsar (2). Tanto (1) como (2) son falsables y falsas. Por lo que sé, las afirmaciones (3) y (4) pueden ser verdaderas. Sin embargo, son falsables en el sentido deseado. Lógicamente es posible que el siguiente ladrillo que se arroje «caiga» hacia arriba. No hay ninguna contradicción lógica implícita en la afirmación «El ladrillo cayó hacia arriba al ser arrojado», aunque puede ser que la observación nunca justifique semejante enunciado. La afirmación (4) es falsable porque se puede concebir que un rayo de luz que incida sobre un espejo formando un ángulo oblicuo pueda ser reflejado en dirección perpendicular al espejo. Esto no sucederá nunca si la ley de reflexión resulta ser verdadera, pero si no fuera así, no habría ninguna contradicción lógica. Tanto (3) como (4) son falsables, aunque puedan ser verdaderas.

Una hipótesis es falsable si existe un enunciado observacional o un conjunto de enunciados observacionales lógicamente posibles que sean incompatibles con ella, esto es, que

en caso de ser establecidos como verdaderos, falsarían la hipótesis.

He aquí algunos ejemplos de enunciados que no cumplen este requisito y que, por consiguiente, no son falsables.

5. O llueve o no llueve.
6. Todos los puntos de un círculo euclídeo equidistan del centro.
7. Es posible tener suerte en la especulación deportiva.

Ningún enunciado observacional lógicamente posible puede refutar (5). Es verdadero sea cual fuere el tiempo que haga. La afirmación (6) es necesariamente verdadera a causa de la definición de círculo euclídeo. Si los puntos de un círculo no equidistaran de un punto fijo, entonces esa figura ya no sería un círculo euclídeo. «Todos los solteros no están casados» no es falsable por la misma razón. La afirmación (7) es una cita de un horóscopo aparecido en un periódico. Tipifica la taimada estrategia del adivino. La afirmación no es falsable. Equivale a decir al lector que si hace una apuesta hoy, podría ganar, lo cual es cierto apueste o no y, si apuesta, gane o no.

El falsacionista exige que las hipótesis científicas sean falsables en el sentido aquí analizado. Insiste en ello porque una ley o teoría es informativa solamente en el caso de que excluya un conjunto de enunciados observacionales lógicamente posibles. Si un enunciado no es falsable, entonces el mundo puede tener cualquier propiedad y comportarse de cualquier manera sin entrar en conflicto con el enunciado. Los enunciados (5), (6) y (7), a diferencia de los enunciados (1), (2), (3) y (4), no nos dicen nada acerca del mundo. Desde un punto de vista ideal, una teoría o ley científica debería proporcionarnos alguna información acerca de cómo se comporta en realidad el mundo, excluyendo por esta razón las maneras en las que podría posiblemente (lógicamente) comportarse, pero de hecho no se comporta. La ley «Todos los planetas se mueven en elipses alrededor del sol» es científica porque afirma que los planetas se mueven de hecho en elipses y excluye que las órbitas sean cuadradas u ovals. La ley tiene contenido informativo y es falsable solamente

porque hace afirmaciones definidas acerca de las órbitas planetarias.

Una rápida ojeada a algunas leyes que se podrían considerar componentes típicos de las teorías científicas indica que satisfacen el criterio de falsabilidad. «Los polos magnéticos diferentes se atraen entre sí», «Un ácido añadido a una base produce sal más agua» y leyes similares se pueden construir fácilmente como enunciados falsables. Sin embargo, el falsacionista mantiene que algunas teorías pasan de hecho como teorías científicas sólo porque no son falsables y deberían ser rechazadas, aunque superficialmente pueda parecer que poseen las características de las buenas teorías científicas. Popper ha afirmado que al menos algunas versiones de la teoría de la historia de Marx, el psicoanálisis freudiano y la psicología adleriana adolecen de este fallo. Se puede ilustrar esta cuestión mediante la siguiente caricatura de la psicología adleriana.

Un principio fundamental de la teoría de Adler es que las acciones humanas están motivadas por sentimientos de inferioridad de algún tipo. En nuestra caricatura, esta cuestión se puede ilustrar con el siguiente incidente: un hombre se encuentra en la orilla de un peligroso río en el momento en que un niño se cae a él, muy cerca. El hombre se tirará al río intentando salvar al niño o no se tirará. Si se tira, el adleriano responde indicando cómo apoya esta acción su teoría. Evidentemente, el hombre necesitaba superar su sentimiento de inferioridad demostrando que era lo suficientemente valiente como para arrojarse al río a pesar del peligro. Si el hombre no se tira, también el adleriano puede pretender que ello apoya su teoría. El hombre superaba su sentimiento de inferioridad demostrando que tenía la fuerza de voluntad de permanecer en la orilla, imperturbable, mientras el niño se ahogaba.

Si esta caricatura es típica del modo en que funciona la teoría adleriana, entonces la teoría no es falsable¹. Es

¹ Se podría invalidar este ejemplo si hubiera una forma de establecer el tipo de complejo de inferioridad que poseía el hombre en cuestión, independientemente de su comportamiento a la orilla del río. La teoría da pie para una cosa así, por lo que el ejemplo es una caricatura completamente injusta.

compatible con cualquier tipo de comportamiento humano y, precisamente por eso, no nos dice nada acerca del comportamiento humano. Por supuesto, antes de rechazar la teoría de Adler sobre esta base, sería necesario investigar los detalles de la teoría en vez de su caricatura. Pero hay un montón de teorías sociales, psicológicas y religiosas que despiertan la sospecha de que, en su afán de explicarlo todo, no explican nada. La existencia de un Dios amante y el hecho de que se produzca un desastre pueden ser compatibles interpretando que el desastre se nos envía para castigarnos o para probarnos, según lo que parezca más adecuado a la situación. Muchos ejemplos del comportamiento animal pueden ser considerados como una prueba en favor de la afirmación «Los animales están hechos de modo que puedan cumplir mejor la función para la que están destinados». Los teóricos que actúan de esta manera incurren en los argumentos evasivos del adivino y están sujetos a las críticas del falsacionista. Para que una teoría posea un contenido informativo, ha de correr el riesgo de ser falsada.

III. GRADO DE FALSABILIDAD, CLARIDAD Y PRECISION

Una buena teoría o ley científica es falsable justamente porque hace afirmaciones definidas acerca del mundo. Para el falsacionista, de ello se sigue bastante claramente que cuanto más falsable es una teoría mejor es, empleando la palabra «más» en un sentido amplio. Cuanto más afirme una teoría, más oportunidades potenciales habrá de demostrar que el mundo no se comporta de hecho como lo establece la teoría. Una teoría muy buena será aquella que haga afirmaciones de muy amplio alcance acerca del mundo y que, en consecuencia, sea sumamente falsable y resista la falsación todas las veces que se someta a prueba.

Esta cuestión se puede aclarar mediante un ejemplo trivial. Consideremos las dos leyes siguientes:

- (a) Marte se mueve en una elipse alrededor del Sol.
- (b) Todos los planetas se mueven en elipses alrededor del Sol.

Considero que está claro que (b) tiene un estatus superior que (a) como elemento del conocimiento científico. La ley (b) nos dice todo lo que dice (a) y bastante más. La ley (b), que es la ley preferible, es más falsable que (a). Si las observaciones sobre Marte falsaran (a), también falsarían (b). Cualquier falsación de (a) constituirá también una falsación de (b), pero no a la inversa. Los enunciados observacionales referentes a las órbitas de Venus, Júpiter, etc., que posiblemente falsaran (b) son irrelevantes con respecto a (a). Si seguimos a Popper y nos referimos a esos conjuntos de enunciados observacionales que servirían para falsar una ley o teoría como *falsadores potenciales* de esa ley o teoría, entonces podemos decir que los falsadores potenciales de (a) forman una clase que es una subclase de los falsadores potenciales de (b). La ley (b) es más falsable que la ley (a), lo cual equivale a decir que afirma más, que es una ley mejor.

Un ejemplo menos artificial se refiere a la relación entre la teoría del sistema solar de Kepler y la de Newton. Considero que la teoría de Kepler consiste en sus tres leyes del movimiento planetario. Los falsadores potenciales de esa teoría constan de conjuntos de enunciados referentes a las posiciones planetarias en relación con el sol en un momento especificado. La teoría de Newton, una teoría mejor que desbancó a la de Kepler, es más amplia. Consiste en las leyes del movimiento de Newton más su ley de gravitación, la cual afirma que todos los pares de cuerpos en el universo se atraen entre sí con una fuerza que varía en proporción inversa al cuadro de su distancia. Algunos de los falsadores potenciales de la teoría de Newton son conjuntos de enunciados de las posiciones planetarias en un momento especificado. Pero hay muchos otros, incluidos aquéllos que se refieren al comportamiento de los cuerpos que caen y de los péndulos, la correlación entre las mareas y las posiciones del sol y la luna, etc. Hay muchas más oportunidades de falsar la teoría de Newton que la de Kepler. Y con todo, sigue diciendo el falsacionista, la teoría de Newton fue capaz de resistir los intentos de falsación, estableciendo por ello su superioridad sobre la de Kepler.

Las teorías sumamente falsables se deben preferir, pues,

a las menos falsables, siempre que no hayan sido falsadas de hecho. Para el falsacionista esta puntualización es importante. Las teorías que han sido falsadas tienen que ser rechazadas de forma tajante. La empresa científica consiste en proponer hipótesis sumamente falsables, seguidas de intentos deliberados y tenaces de falsarlas. Como dice Popper:

Por ello puedo admitir con satisfacción que los falsacionistas como yo preferimos con mucho un intento de resolver un problema interesante mediante una conjetura audaz, *aunque pronto resulte ser falsa (y especialmente en ese caso)*, a cualquier recital de una serie de truisms improcedentes. Lo preferimos porque creemos que esa es la manera en que podemos aprender de nuestros errores; y que al descubrir que nuestra conjetura era falsa habremos aprendido mucho sobre la verdad y habremos llegado más cerca de la verdad².

Aprendemos de nuestros errores. La ciencia progresa mediante el ensayo y el error. Debido a que la situación lógica hace imposible la derivación de leyes y teorías universales a partir de enunciados observacionales, pero posible la deducción de su falsedad, las falsaciones se convierten en importantes hitos, en logros sobresalientes, en los principales puntos del desarrollo de la ciencia. Este hincapié algo antiintuitivo que hacen los falsacionistas más extremos en la importancia de las falsaciones se criticará en los últimos capítulos.

Como la ciencia aspira a lograr teorías con un gran contenido informativo, los falsacionistas dan la bienvenida a la propuesta de audaces conjeturas especulativas. Se han de estimular las especulaciones temerarias siempre que sean falsables y siempre que sean rechazadas al ser falsadas. Esta actitud de «a vida o muerte» choca con la precaución recomendada por el inductivista ingenuo. Según éste, sólo aquellas teorías de las que se puede demostrar que son verdaderas o probablemente verdaderas habrán de ser admitidas en la ciencia. Sólo debemos ir más allá de los resul-

² K. R. Popper, *Conjectures and refutations*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1969, p. 231; las cursivas están en el original.

tados inmediatos de la experiencia en la medida en que nos guíen inducciones legítimas. El falsacionismo, en contraposición, reconoce las limitaciones de la inducción y la subordinación de la observación a la teoría. Sólo se pueden descubrir los secretos de la naturaleza con la ayuda de teorías ingeniosas y perspicaces. Cuanto mayor sea el número de teorías conjeturadas que se enfrentan a la realidad del mundo y cuanto más especulativas sean estas conjeturas, mayores serán las oportunidades de hacer importantes avances en la ciencia. No hay peligro de que proliferen las teorías especulativas porque las que sean descripciones inadecuadas del mundo pueden ser eliminadas drásticamente como resultado de la observación o de otras pruebas.

La exigencia de que las teorías sean sumamente falsables tiene la atractiva consecuencia de que las teorías sean establecidas y precisadas con claridad. Si se establece una teoría de forma tan vaga que no queda claro qué afirma exactamente, entonces, cuando se comprueba mediante la observación o la experimentación, siempre se podrá interpretar que es compatible con los resultados de esas pruebas. De esta manera, podrá ser defendida contra las falsaciones. Por ejemplo, Goethe escribió de la electricidad que

no es nada, un cero, un mero punto que, sin embargo, mora en todas las aparentes existencias y al mismo tiempo es el punto de origen por el cual, al menor estímulo, se presenta una doble apariencia, una apariencia que sólo se manifiesta para desvanecerse. Las condiciones en las que se provocan estas manifestaciones son infinitamente variadas según la naturaleza de cada cuerpo³.

Si tomamos esta cita literalmente, es muy difícil ver qué posible conjunto de circunstancias físicas podría servir para falsarla. Es infalsable justamente porque es así de vaga e indefinida (al menos tomada fuera de su contexto). Los

³ J. W. Goethe, *Theory of colours*, trad. de C. L. Eastlake, Cambridge (Mass), M. I. T. Press, 1970, p. 295. Véase también el comentario de Popper sobre la teoría de la electricidad de Hegel en *Conjectures and refutations*, p. 332.

políticos y los adivinos pueden evitar que se les acuse de cometer errores haciendo que sus afirmaciones sean tan vagas que siempre pueden resultar compatibles con todo lo que pueda acontecer. La exigencia de un alto grado de falsabilidad elimina tales maniobras. El falsacionista exige que se puedan establecer las teorías con suficiente claridad como para correr el riesgo de ser falsadas.

Con respecto a la precisión existe una situación similar. Cuanto más precisamente se formula una teoría, se hace más falsable. Si aceptamos que cuanto más falsable es una teoría tanto mejor es (siempre que no haya sido falsada), entonces también debemos aceptar que cuanto más precisas sean las afirmaciones de una teoría, mejor será ésta. «Los planetas se mueven en elipses alrededor del sol» es más precisa que «Los planetas se mueven en rizos cerrados alrededor del sol» y, en consecuencia, es más falsable. Una órbita oval falsaría la primera afirmación pero no la segunda, mientras que cualquier órbita que false la segunda falsaría también la primera. El falsacionista está decidido a preferir la primera. De modo similar, el falsacionista debe preferir la afirmación de que la velocidad de la luz en el vacío es de $299,8/10^8$ metros por segundo a la afirmación menos precisa de que es de unos $300/10^8$ metros por segundo, justamente porque la primera es más falsable que la segunda.

Las exigencias de precisión y claridad de expresión, que van íntimamente ligadas, se siguen naturalmente de la concepción de la ciencia que tiene el falsacionista.

IV. FALSACIONISMO Y PROGRESO

El progreso de la ciencia tal y como lo ve el falsacionista se podría resumir de la siguiente manera. La ciencia comienza con problemas, problemas que van asociados con la explicación del comportamiento de algunos aspectos del mundo o universo. Los científicos proponen hipótesis falsables como soluciones al problema. Las hipótesis conjeturadas son entonces criticadas y comprobadas. Algunas serán eliminadas rápidamente. Otras pueden tener más

Introducción del falsacionismo

éxito. Estas deben someterse a críticas y pruebas más rigurosas. Cuando finalmente se falsa una hipótesis que ha superado con éxito una gran variedad de pruebas rigurosas, surge un nuevo problema, afortunadamente muy alejado del problema original resuelto. Este nuevo problema exige la invención de nuevas hipótesis, seguidas de nuevas críticas y pruebas. Y así el proceso continúa indefinidamente. Nunca se puede decir de una teoría que es verdadera, por muy bien que haya superado pruebas rigurosas, pero afortunadamente se puede decir que una teoría actual es superior a sus predecesoras en el sentido de que es capaz de superar pruebas que falsaron a sus predecesoras.

Antes de que examinemos algunos ejemplos que ilustren esta concepción falsacionista del progreso científico, habría que decir algo acerca de la afirmación de que «el punto de partida de la ciencia son los problemas». He aquí algunos problemas con los que se han enfrentado los científicos en el pasado. ¿Cómo son capaces los murciélagos de volar tan hábilmente por la noche a pesar de que sus ojos son muy pequeños y débiles? ¿Por qué la elevación de un barómetro sencillo es inferior en las grandes altitudes que en las bajas? ¿Por qué se ennegrecían continuamente las placas fotográficas del laboratorio de Roentgen? ¿Por qué se adelanta el perihelio de Mercurio? Estos problemas surgen a partir de observaciones más o menos sencillas. Así pues, al insistir en el hecho de que el punto de partida de la ciencia son los problemas, ¿no sucede acaso que para el falsacionista, al igual que sucedía con el inductivista ingenuo, la ciencia comienza con la observación? La respuesta a esta pregunta es un rotundo «no». Las observaciones citadas anteriores como problemas sólo son problemáticas a la luz de alguna teoría. La primera es problemática a la luz de la teoría de que los organismos vivos «ven» con los ojos; la segunda era problemática para los partidarios de las teorías de Galileo, porque estaba en pugna con la teoría de la «fuerza del vacío», que éstos aceptaban como explicación de por qué el mercurio no cae en el tubo de un barómetro; la tercera era problemática para Roentgen porque en esa época se suponía tácitamente que no existía ningún tipo de emanación o radiación que pudiera penetrar en el reci-

piente de las placas fotográficas y oscurecerlas; la cuarta era problemática porque era incompatible con la teoría de Newton. La afirmación de que el origen de la ciencia está en los problemas es perfectamente compatible con la prioridad de las teorías sobre la observación y los enunciados observacionales. La ciencia no comienza con la pura observación.

Después de esta digresión, volvamos a la concepción falsacionista del progreso de la ciencia como progreso desde los problemas a las hipótesis especulativas, a su crítica y a su falsación final y, por consiguiente, a nuevos problemas. Ofreceremos dos ejemplos, el primero de los cuales es muy sencillo y trata del vuelo de los murciélagos y el segundo de los cuales es más ambicioso y trata del progreso de la física.

Comenzamos con un problema. Los murciélagos son capaces de volar con facilidad y a gran velocidad, evitando las ramas de los árboles, los cables telegráficos, otros murciélagos, etc., y pueden atrapar insectos. Y, no obstante, los murciélagos tienen ojos débiles y de todos modos vuelan casi siempre de noche. Este hecho plantea un problema porque, en apariencia, falsa la plausible teoría de que los animales, al igual que los seres humanos, ven con los ojos. Un falsacionista intentará resolver este problema formulando una conjetura o hipótesis. Quizás sugiera que, aunque los ojos de los murciélagos aparentan ser débiles, sin embargo, de alguna manera que no se conoce, pueden ver de manera eficaz por la noche utilizando sus ojos. Se puede comprobar esta hipótesis. Se suelta un grupo de murciélagos en una habitación a oscuras que contenga obstáculos y se mide de alguna manera su habilidad para evitar los obstáculos. Luego se suelta en la habitación a los mismos murciélagos, pero con los ojos vendados. Antes del experimento, el experimentador puede hacer la siguiente deducción. Una premisa de la deducción es su hipótesis que dice de modo muy explícito: «Los murciélagos pueden volar y evitar los obstáculos utilizando sus ojos, y no lo pueden hacer sin usar los ojos». La segunda premisa es una descripción de la prueba experimental, incluyendo el enunciado «Este grupo de murciélagos tiene los ojos vendados, de

manera que no usan sus ojos». A partir de estas dos premisas, el experimentador puede derivar deductivamente que el grupo de murciélagos no será capaz de evitar los obstáculos de modo eficaz en la prueba de laboratorio. Luego se efectúa el experimento y se descubre que los murciélagos evitan los choques de manera tan eficaz como antes. La hipótesis ha sido falsada. Ahora hay necesidad de utilizar de nuevo la imaginación, de formular una nueva conjetura, hipótesis o suposición. Tal vez un científico sugiera que los oídos de los murciélagos tienen que ver de algún modo con su capacidad para evitar los obstáculos. Se puede comprobar la hipótesis en un intento de falsarla tapando los oídos de los murciélagos antes de soltarlos en el laboratorio de la prueba. Esta vez se descubre que la habilidad de los murciélagos para evitar los obstáculos se ve disminuida considerablemente. La hipótesis ha sido confirmada. Entonces el falsacionista debe tratar de precisar su hipótesis de manera que se pueda falsar fácilmente. Se sugiere que el murciélago escucha el eco de sus propios chillidos que rebotan en los objetos sólidos. Se comprueba esta hipótesis amordazando a los murciélagos antes de soltarlos. De nuevo los murciélagos chocan con los obstáculos, lo cual confirma de nuevo la hipótesis. Parece que ahora el falsacionista está llegando a una solución provisional de su problema, aunque no considera que haya *probado* mediante el experimento cómo evitan chocar los murciélagos mientras vuelan. Pueden surgir una serie de factores que muestren que estaba equivocado. Quizás los murciélagos no detecten los obstáculos con los oídos sino con zonas sensitivas cercanas a los oídos, cuyo funcionamiento disminuye cuando se tapan los oídos de los murciélagos. O quizás los diferentes tipos de murciélagos detecten los obstáculos de diferentes maneras, de manera que los murciélagos usados en el experimento no sean auténticamente representativos.

El progreso de la física desde Aristóteles hasta Einstein pasando por Newton proporciona un ejemplo a mayor escala. La concepción falsacionista de ese progreso es más o menos la siguiente. La física aristotélica tenía éxito en cierta medida. Podía explicar gran variedad de fenómenos. Podía explicar por qué los objetos pesados caen al suelo

(porque buscan su lugar natural en el centro del universo), podía explicar la acción de los sifones y bombas de extracción (la explicación se basaba en la imposibilidad del vacío), etc. Pero finalmente la física aristotélica fue falsada de diversas maneras. Las piedras arrojadas desde lo alto de un mástil de un barco que se movía uniformemente caían en la cubierta al pie del mástil y no a distancia de él, como predecía la teoría de Aristóteles. Las lunas de Júpiter giraban alrededor de Júpiter, pero no alrededor de la Tierra. Durante el siglo XVII se acumularon montones de falsaciones. Sin embargo, una vez que hubo sido creada y desarrollada la física newtoniana mediante las conjeturas de Galileo y Newton, fue una teoría superior que la de Aristóteles. La teoría de Newton podía explicar la caída de los objetos y el funcionamiento de los sifones y bombas de extracción y podía también explicar los fenómenos que resultaban problemáticos para los aristotélicos. Además, la teoría de Newton podía explicar fenómenos a los que la teoría de Aristóteles no aludía, tales como las correlaciones entre las mareas y la posición de la Luna, y la variación en la fuerza de la gravedad con la altura por encima del nivel del mar. Durante dos siglos, la teoría de Newton se vio coronada por el éxito. Esto es, no tuvieron éxito los intentos de falsarla mediante los nuevos fenómenos predichos con su ayuda. La teoría condujo incluso al descubrimiento de un nuevo planeta, Neptuno. Pero, a pesar de su éxito, finalmente triunfaron los continuos esfuerzos por falsarla. La teoría de Newton fue falsada de diversas maneras. No fue capaz de explicar los detalles de la órbita del planeta Mercurio ni la masa variable de los electrones de rápido movimiento en un tubo de descarga. Así pues, los físicos se enfrentaron con problemas estimulantes, a medida que el siglo XIX daba paso al XX, problemas que exigían nuevas hipótesis destinadas a solucionar esos problemas de un modo progresivo. Einstein fue capaz de responder al reto. Su teoría de la relatividad fue capaz de explicar los fenómenos que falsaron la teoría de Newton, al tiempo que era capaz de competir con la teoría newtoniana en las áreas en las que ésta había triunfado. Además, la teoría de Einstein llevó a la predicción de nuevos fenómenos espectacu-

lares. Su teoría de la relatividad especial predijo que la masa sería una función de la velocidad, y que la masa y la energía se podrían transformar la una en la otra, y su teoría general predijo que los rayos de luz podrían ser desviados por fuertes campos gravitatorios. Los intentos de refutar la teoría einsteiniana mediante los nuevos fenómenos fracasaron. La falsación de la teoría de Einstein sigue siendo un desafío para los físicos modernos. Su éxito, si se produjera finalmente, marcaría un nuevo paso adelante en el progreso de la física.

Esto dice la típica concepción falsacionista del progreso de la física. Más adelante pondremos en duda su precisión y validez.

Resulta evidente a partir de lo dicho que el concepto de progreso, de desarrollo científico, es fundamental en la concepción falsacionista de la ciencia. En el próximo capítulo trataremos este problema de modo más detallado.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

El texto falsacionista clásico es *The logic of scientific discovery* de Popper (Londres, Hutchinson, 1968). Las opiniones de Popper sobre la filosofía de la ciencia se encuentran detalladas en dos recopilaciones de artículos: *Objective knowledge* (Oxford, Oxford University Press, 1972) y *Conjectures and refutations* (Londres, Routledge and Kegan Paul, 1969). *Induction and intuition in scientific thought*, de P. Medawar, es un ensayo falsacionista de carácter popular (Londres, Methuen, 1969). En las lecturas que se recomiendan en el capítulo 5 se incluyen obras más detalladas sobre el falsacionismo.