

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 veintjuno 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. Inconmensurabilidad, 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. Aquellos 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. Trusedell 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. Stuever, 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*, Paris, 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 hablan 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.

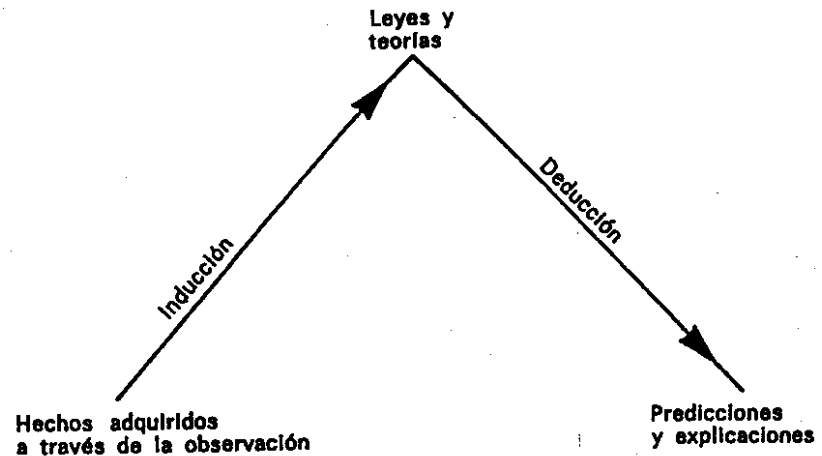


Figura 1

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 EXPLICACION 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 une 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.

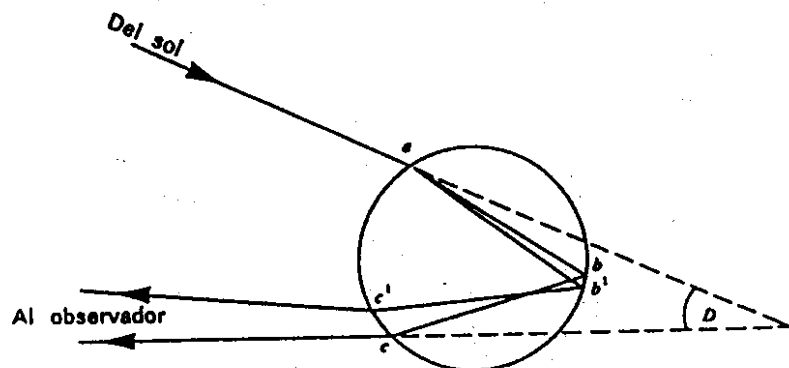


Figura 2

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 INDUCCION

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 moviese,

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).

3. LA OBSERVACION DEPENDE DE LA TEORIA

Hemos visto que, según nuestro inductivista ingenuo, la observación cuidadosa y sin prejuicios proporciona una base segura a partir de la cual se puede derivar un conocimiento científico probablemente verdadero, si no verdadero. En el último capítulo se criticó esta postura señalando las dificultades implícitas en cualquier intento de justificar el razonamiento inductivo empleado en la derivación de teorías y leyes científicas a partir de la observación. Algunos ejemplos sugerían que había una base positiva para sospechar de la supuesta fiabilidad del razonamiento inductivo. No obstante, estos argumentos no constituyen una definitiva refutación del inductivismo, en especial cuando resulta que muchas teorías rivales de la ciencia se enfrentan con una dificultad similar y conexa¹. En este capítulo se desarrolla una objeción más seria a la postura inductivista, objeción que no supone una crítica a las inducciones de las que se supone que se deriva el conocimiento científico a partir de la observación, sino a los supuestos inductivistas sobre el estatus y el papel desempeñado por la propia observación.

Hay dos supuestos importantes que conlleva el inductivismo ingenuo con respecto a la observación. Uno es que *la ciencia comienza con la observación*. El otro es que *la observación proporciona una base segura* a partir de la cual se puede derivar el conocimiento. En este capítulo criticaremos ambos supuestos de diversas maneras y los rechazaremos por varias razones. Pero, ante todo, esbozaré una concepción de la observación de la que creo que resulta adecuado decir que en la época actual es comúnmente aceptada y que presta plausibilidad a la postura inductivista ingenua.

¹ Véase el capítulo 12, sección iv.

I. UNA CONCEPCION POPULAR DE LA OBSERVACION

En parte porque el sentido de la vista es el sentido que se usa de un modo más extenso en la práctica de la ciencia y en parte por conveniencia, restringiré mi análisis de la observación al dominio de la visión. En la mayoría de los casos no resultará difícil ver cómo se podría reformular el argumento presentado de manera que fuera aplicable a la observación mediante los otros sentidos. Una simple concepción popular de la vista podría ser la siguiente. Los seres humanos ven utilizando sus ojos. Los componentes más importantes del ojo humano son una lente y la retina, la cual actúa como pantalla en la que se forman las imágenes de los objetos externos al ojo. Los rayos de luz procedentes de un objeto visto van del objeto a la lente a través del medio que hay entre ellos. Estos rayos son refractados por el material de la lente de tal manera que llegan a un punto de la retina, formando de este modo una imagen del objeto visto. Hasta aquí, el funcionamiento del ojo es muy parecido al de una cámara. Hay una gran diferencia, que es el modo en que se registra la imagen final. Los nervios ópticos pasan de la retina al córtex central del cerebro. Estos llevan información sobre la luz que llega a las diversas zonas de la retina. El registro de esta información por parte del cerebro humano es lo que corresponde a la visión del objeto por el observador humano. Por supuesto, se podrían añadir muchos detalles a esta sencilla descripción, pero la explicación que se acaba de ofrecer capta la idea general.

El anterior boceto de la observación mediante el sentido de la vista sugiere dos cuestiones, cuestiones que son clave para el inductivista. La primera es que un observador humano tiene acceso más o menos directo a algunas propiedades del mundo exterior en la medida en que el cerebro registra esas propiedades en el acto de ver. La segunda es que dos observadores que vean el mismo objeto o escena desde el mismo lugar «verán» lo mismo. Una combinación idéntica de rayos de luz alcanzará el ojo de cada observador, será enfocada en sus retinas normales por sus lentes oculares normales y dará lugar a imágenes similares. Así pues,

una información similar viajará al cerebro de cada observador a través de sus nervios ópticos normales, dando como resultado que los dos observadores «vean» lo mismo. En la próxima sección se atacarán muy directamente estas dos cuestiones. Las últimas secciones arrojarán nuevas dudas, más importantes, sobre la adecuación de la postura inductivista sobre la observación.

II. EXPERIENCIAS VISUALES QUE NO ESTAN DETERMINADAS POR LAS IMAGENES FORMADAS EN LA RETINA

Hay una gran cantidad de datos que indican que no se trata de que la experiencia sufrida por los observadores cuando ven un objeto esté determinada únicamente por la información, en forma de rayos de luz, que entra en los ojos del observador, ni de que esté determinada solamente por las imágenes formadas en las retinas de un observador. Dos observadores normales que vean el mismo objeto desde el mismo lugar en las mismas circunstancias físicas no tienen necesariamente idénticas experiencias visuales, aunque las imágenes que se produzcan en sus respectivas retinas sean prácticamente idénticas. Hay un sentido importante en el que no es necesario que los dos observadores «vean» lo mismo. Como dice N. R. Hanson, «hay mucho más en lo que se ve que lo que descubre el globo ocular». Algunos ejemplos sencillos ilustrarán la cuestión.

La mayoría de nosotros, cuando miramos por primera vez la figura 3, vemos el dibujo de una escalera en el que resulta visible la superficie superior de los escalones. Pero no es este el único modo de poderlo ver. También se puede ver sin dificultad como una escalera en la que resulta visible la superficie inferior de los escalones. Además, si se mira el dibujo durante algún tiempo, por lo general se encuentra, involuntariamente, que cambia la visión frecuentemente de una escalera vista desde arriba a una escalera vista desde abajo y viceversa. Y, no obstante, parece razonable suponer que, puesto que el objeto que contempla el observador sigue siendo el mismo, las imágenes de la retina no varían. El hecho de que el dibujo se vea como una escalera vista desde

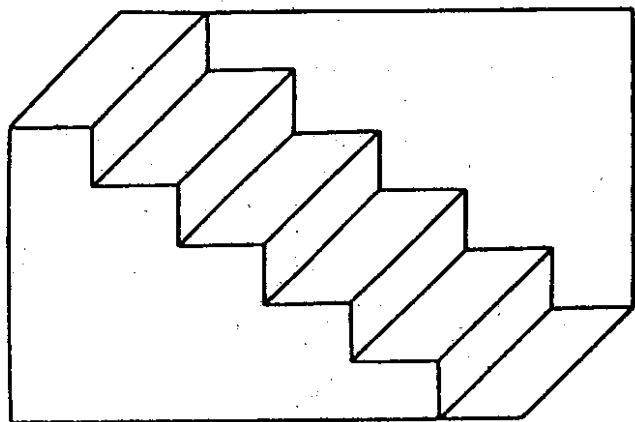


Figura 3

arriba o como una escalera vista desde abajo parece depender de algo más que de la imagen que hay en la retina del observador. Sospecho que ningún lector de este libro ha puesto en duda mi afirmación de que la figura 3 parece una escalera de algún tipo. Sin embargo, los resultados de los experimentos realizados con miembros de varias tribus africanas, cuyas culturas no incluyen la costumbre de dibujar objetos tridimensionales mediante dibujos bidimensionales con perspectiva, indican que los miembros de estas tribus no habrían considerado que la figura 3 es una escalera sino una disposición bidimensional de líneas. Presumo que la naturaleza de las imágenes formadas en las retinas de los observadores es relativamente independiente de su cultura. Además, parece seguirse que las experiencias perceptuales que los observadores tienen en el acto de ver no están especialmente determinadas por las imágenes de las retinas. Hanson ha llamado la atención sobre este punto y lo ha ilustrado con muchos ejemplos².

Lo que un observador ve, esto es, la experiencia visual que tiene un observador cuando ve un objeto, depende en parte de su experiencia pasada, su conocimiento y sus expectativas. He aquí dos sencillos ejemplos que ilustran esta cuestión en particular.

² N. R. Hanson, *Patterns of discovery*, Cambridge, Cambridge University Press, 1958, capítulo 1.

En un conocido experimento se mostraba a los sujetos unas cartas durante un breve período de tiempo y se les pedía que las identificaran. Cuando se utilizaba una baraja normal, los sujetos eran capaces de cumplir esta tarea con mucho éxito. Pero cuando se introducían cartas anómalas, tal como un as de picas rojo, en principio casi todos los sujetos identificaban inicialmente esas cartas de un modo incorrecto con una carta normal. Veían un as de picas rojo como un as de diamantes normal o como un as de picas normal. Las impresiones subjetivas experimentadas por los observadores estaban influidas por sus expectativas. Cuando, después de un período de confusión, los sujetos comenzaban a darse cuenta o se les decía que había cartas raras en la baraja, no tenían problema en identificar correctamente todas las cartas que se les mostraban, ya fueran anómalas o normales. Este cambio en su conocimiento y expectativas iba acompañado de un cambio en lo que veían, aunque siguieran viendo el mismo objeto físico.

Un rompecabezas infantil nos proporciona otro ejemplo; el problema consiste en encontrar el dibujo de una cara humana entre el follaje en el dibujo de un árbol. Aquí, lo que se ve, esto es, la impresión experimentada por una persona que ve el dibujo, corresponde en principio al árbol, con su tronco, sus hojas y sus ramas. Pero una vez que se ha detectado la cara humana, esto cambia. Lo que antes se veía como follaje y partes de las ramas se ve ahora como una cara humana. De nuevo, se ha visto el mismo objeto físico antes y después de la solución del problema, y presumiblemente la imagen que hay en la retina del observador no cambia en el momento en que se encuentra la solución y se descubre la cara. Y si se ve el dibujo un poco después, un observador que ya haya resuelto el problema podrá ver de nuevo con facilidad la cara. En este ejemplo, lo que ve un observador resulta afectado por su conocimiento y su experiencia.

Se puede sugerir la siguiente pregunta: «¿Qué tienen que ver estos ejemplos artificiales con la ciencia?» La respuesta es que no resulta difícil proporcionar ejemplos procedentes de la práctica científica que ilustren la misma cuestión, a saber, que lo que ven los observadores, las experiencias sub-

jetivas que tienen cuando ven un objeto o una escena, no está determinado únicamente por las imágenes formadas en sus retinas sino que depende también de la experiencia, el conocimiento, las expectativas y el estado interno en general del observador. Es necesario aprender a ver de un modo experto a través de un telescopio o de un microscopio, y la serie no estructurada de manchas brillantes y oscuras que observa el principiante es diferente del ejemplar o de la escena detallada que puede distinguir el observador adiestrado. Algo de este tipo debió de suceder cuando Galileo introdujo por vez primera el telescopio como instrumento de exploración de los cielos. Las reservas que mantenían los rivales de Galileo acerca de la aceptación de fenómenos tales como las lunas de Júpiter, que Galileo había aprendido a ver, debieron de resultar en parte no de los prejuicios sino de las auténticas dificultades con que tropezaban cuando aprendían a «ver» a través de lo que, después de todo, eran telescopios muy rudimentarios. En el pasaje siguiente, Michael Polanyi describe los cambios efectuados en la experiencia perceptual de un estudiante de medicina cuando se le enseña a diagnosticar mediante el examen por rayos x:

Pensemos en un estudiante de medicina que sigue un curso de diagnóstico de enfermedades pulmonares por rayos x. Mira, en una habitación oscura, trazos indefinidos en una pantalla fluorescente colocada contra el pecho del paciente y oye el comentario que hace el radiólogo a sus ayudantes, en un lenguaje técnico, sobre los rasgos significativos de esas sombras. En un principio, el estudiante está completamente confundido, ya que, en la imagen de rayos x del pecho, sólo puede ver las sombras del corazón y de las costillas que tienen entre sí unas cuantas manchas como patas de araña. Los expertos parecen estar imaginando quimeras; él no puede ver nada de lo que están diciendo. Luego, según vaya escuchando durante unas cuantas semanas, mirando cuidadosamente las imágenes siempre nuevas de los diferentes casos, empezará a comprender; poco a poco se olvidará de las costillas y comenzará a ver los pulmones. Y, finalmente, si persevera inteligentemente, se le revelará un rico panorama de detalles significativos: de variaciones fisiológicas y cambios patológicos, cicatrices, infecciones crónicas y signos de enfermedades agudas. Ha entrado en un mundo nuevo. Todavía ve sólo una parte de lo que

pueden ver los expertos, pero ahora las imágenes tienen por fin sentido, así como la mayoría de los comentarios que se hacen sobre ellas².

Una respuesta usual a lo que estoy diciendo acerca de la observación, apoyado por la clase de ejemplos que he utilizado, es que los observadores que ven la misma escena desde el mismo lugar ven la misma cosa, pero interpretan de diferente modo lo que ven. Deseo discutir este punto. En la medida en que se refiere a la percepción, con lo único que el observador está en inmediato y directo contacto es con sus experiencias. Estas experiencias no están dadas de modo unívoco ni son invariantes, sino que cambian con las expectativas y el conocimiento del observador. Lo que viene unívocamente dado por la situación física es la imagen formada en la retina del observador, pero el observador no tiene contacto perceptual directo con la imagen. Cuando el inductivista ingenuo, y muchos otros empiristas, suponen que hay algo unívocamente dado en la experiencia que puede interpretarse de diversas maneras, están suponiendo, sin argumentarlo a pesar de las muchas pruebas en contra, que hay una correspondencia unívoca entre las imágenes de nuestras retinas y las experiencias subjetivas que tenemos cuando vemos. Están llevando demasiado lejos la analogía de la cámara.

Una vez dicho esto, trataré de aclarar lo que *no* pretendo afirmar en esta sección, para que no se piense que estoy defendiendo algo diferente de lo que pretendo. En primer lugar, no afirmo en absoluto que las causas físicas de las imágenes de nuestras retinas no tengan ninguna relación con lo que vemos. No podemos ver exactamente lo que queremos. Sin embargo, mientras que las imágenes de nuestras retinas forman parte de la causa de lo que vemos, otra parte muy importante de esa causa está constituida por el estado interno de nuestras mentes o cerebros, el cual dependerá evidentemente de nuestra educación cultural, nuestro conocimiento, nuestras expectativas, etc., y no estará determinado únicamente por las propiedades físicas de nuestros

² M. Polanyi, *Personal knowledge*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1973, p. 101.

ojos y de la escena observada. En segundo lugar, en una gran diversidad de circunstancias, lo que vemos en diversas situaciones sigue siendo completamente estable. La dependencia entre lo que vemos y el estado de nuestras mentes o cerebros no es tan sensible como para hacer imposible la comunicación y la ciencia. En tercer lugar, en todos los ejemplos que se han citado aquí, los observadores ven en un cierto sentido la misma cosa. Yo acepto, y presupongo a través de todo este libro, que existe un solo y único mundo físico independiente de los observadores. De ahí que, cuando unos cuantos observadores miran un dibujo, un trozo de aparato, una platina de microscopio o cualquier otra cosa, en cierto sentido todos ellos se enfrentan y miran la misma cosa y, por tanto, en cierto sentido, «ven» la misma cosa. Pero de eso no se sigue que tengan experiencias perceptivas idénticas. Hay un sentido muy importante en el que no ven la misma cosa, y en él se basa la crítica que he realizado de la postura inductivista.

III. LOS ENUNCIADOS OBSERVACIONALES PRESUPONEN LA TEORÍA

Aunque se diera una única experiencia perceptiva para todos los observadores, todavía seguiría habiendo objeciones importantes al supuesto inductivista acerca de la observación. En esta sección centraremos nuestra atención en los *enunciados* observacionales que se basan en las experiencias perceptivas de los observadores que afirman los enunciados y que están supuestamente justificados por ellas. Según la concepción inductivista de la ciencia, la sólida base sobre la que se construyen las leyes y teorías que constituyen la ciencia está formada por enunciados observacionales públicos, y no por las experiencias subjetivas privadas de los observadores individuales. Evidentemente, las observaciones que efectuó Darwin durante su viaje en el *Beagle*, por ejemplo, no habrían tenido las consecuencias que tuvieron para la ciencia si hubieran seguido siendo experiencias privadas de Darwin. Sólo se convirtieron en observaciones relevantes para la ciencia cuando fueron formuladas y comunicadas

como enunciados observacionales susceptibles de ser utilizados y criticados por otros científicos. La concepción inductivista exige la derivación de *enunciados* universales a partir de *enunciados* singulares mediante la inducción. Tanto el razonamiento inductivo como el deductivo conllevan relaciones entre diversos conjuntos de enunciados, y no relaciones entre enunciados por un lado y experiencias perceptivas por otro.

Podemos suponer que hay experiencias perceptivas de algún tipo directamente accesibles al observador, pero no sucede así con los enunciados observacionales. Estos últimos son entidades públicas, formuladas en un lenguaje público, que conllevan teorías con diversos grados de generalidad y complejidad. Una vez que se centra la atención en los enunciados observacionales en cuanto forman la supuesta sólida base de la ciencia, se puede advertir que, en contra de la pretensión del inductivista, una teoría de algún tipo debe preceder a todos los enunciados observacionales y que los enunciados observacionales son tan falibles como las teorías que presuponen.

Los enunciados observacionales se deben realizar en el lenguaje de alguna teoría, por vaga que sea. Consideremos una sencilla frase del lenguaje común: «¡Mira, el viento empuja el cochecito del niño hacia el borde del precipicio!» En esta frase se presupone mucha teoría de bajo nivel. Se implica que existe una cosa tal como el viento, que tiene la propiedad de poder mover objetos tales como cochecitos que se encuentran en su camino. El sentido de urgencia que expresa el «¡Mira!» indica la expectativa de que el coche, junto con el niño, caiga por el precipicio y quizás se estrelle contra las rocas que hay debajo y, además, se supone que este hecho será perjudicial para el niño. Igualmente, cuando un madrugador que tiene una urgente necesidad de café se queja: «El gas no quiere encenderse», se supone que en el mundo hay sustancias que se pueden agrupar bajo el concepto de «gas» y que algunas de ellas, por lo menos, arden. Hay que señalar al respecto también que no siempre se ha dispuesto del concepto de «gas». No existió hasta mediados del siglo XVIII, cuando Joseph Black preparó por primera vez el dióxido de carbono. Antes, se consideraba que todos

los «gases» eran muestras más o menos puras de aire⁴. Cuando pasamos a enunciados del tipo de los que se dan en la ciencia, los presupuestos teóricos son menos tópicos y más evidentes. No es necesario argumentar mucho en favor de la existencia de presupuestos teóricos en la afirmación «el haz de electrones fue repelido por el polo norte del imán» o en el discurso de un psiquiatra sobre los síntomas de abandono de un paciente.

Así pues, los enunciados observacionales se hacen siempre en el lenguaje de alguna teoría y serán tan precisos como lo sea el marco conceptual o teórico que utilicen. El concepto de «fuerza», tal y como se usa en física, es preciso porque toma su significado del papel que desempeña en una teoría precisa y relativamente autónoma: la mecánica newtoniana. El uso de la misma palabra en el lenguaje cotidiano (la fuerza de las circunstancias, la fuerza del vendaval, la fuerza de un argumento, etc.) es impreciso sólo porque las correspondientes teorías son múltiples e imprecisas. Las teorías precisas, claramente formuladas, constituyen un requisito previo de unos enunciados observacionales precisos. En este sentido, las teorías preceden a la observación.

Las anteriores afirmaciones acerca de la anterioridad de la teoría a la observación va en contra de la tesis inductivista de que el significado de muchos conceptos básicos se extrae de la observación. Consideremos como ejemplo el simple concepto de «rojo». Una explicación inductivista sería más o menos la siguiente. A partir de todas las experiencias perceptivas de un observador que surgen del sentido de la vista, un cierto conjunto de ellas (las que corresponden a las experiencias perceptivas que surgen de la visión de objetos rojos) tendrán algo en común. El observador, inspeccionando el conjunto, es de algún modo capaz de discernir el elemento común que hay en estas percepciones y de llegar a concebir este elemento común como lo rojo. De esta manera se llega al concepto de «rojo» a través de la observación. Esta explicación posee un serio defecto. Supone que a partir de todas las infinitas experiencias perceptivas ha-

⁴ Véase *The structure of scientific revolutions*, de T. S. Kuhn, Chicago, Chicago University Press, 1970, p. 70.

bidas por un observador, el conjunto de experiencias perceptivas que surgen de la visión de cosas rojas está de alguna manera disponible para ser inspeccionado. Pero ese conjunto no se autoselecciona. ¿Cuál es el criterio según el que se incluyen en el conjunto algunas experiencias perceptivas y se excluyen otras? Por supuesto, el criterio es que sólo se incluyen las percepciones de los objetos rojos. La explicación presupone el propio concepto, lo rojo, cuya adquisición se pretende explicar. No supone una defensa de la postura inductivista señalar que los padres y los maestros seleccionan un conjunto de objetos rojos cuando enseñan a los niños a comprender el concepto de «rojo», ya que lo que nos interesa es cómo adquiere por vez primera el concepto su significado. La afirmación de que el concepto de «rojo» o cualquier otro concepto se deriva de la experiencia, y de nada más, es falsa.

Hasta ahora se ha estado atacando en esta sección la concepción inductivista ingenua de la ciencia, argumentando que las teorías tienen que prever a los enunciados observacionales, de modo que resulta falso afirmar que la ciencia comienza con la observación. Ahora vamos a ver una segunda manera de atacar al inductivismo. Los enunciados observacionales son tan falibles como las teorías que presuponen y por lo tanto no constituyen una base completamente segura sobre la que construir las leyes y teorías científicas.

En primer lugar ilustraré esta cuestión con algunos ejemplos simples, de alguna manera inventados, y luego procederé a indicar la importancia de la cuestión para la ciencia citando algunos ejemplos procedentes de la ciencia y de su historia.

Consideremos el enunciado: «He aquí un trozo de tiza» emitido por un profesor al tiempo que señala una barra cilíndrica blanca que mantiene delante de la pizarra. Incluso este enunciado observacional tan básico conlleva una teoría y es falible. Se da por supuesta una generalización de muy bajo nivel tal como «las barras blancas que se encuentran en las aulas cerca de las pizarras son trozos de tiza». Y, desde luego, no es necesario que esta afirmación sea verdadera. El profesor de nuestro ejemplo puede estar equivocado. Puede que el cilindro blanco en cuestión no sea un trozo

de tiza sino una imitación cuidadosamente hecha, colocada allí por un alumno astuto que busca diversión. El profesor, o cualquiera de los presentes, podría dar un paso para comprobar la verdad del enunciado «He aquí un trozo de tiza», pero es muy significativo que cuanto más rigurosa sea la prueba, más se invoque la teoría y, además, nunca se obtiene una certeza absoluta. Por ejemplo, al ser desafiado, el profesor podría pasar el cilindro a lo largo de la pizarra, señalar el trazo blanco resultante y afirmar: «Ahí lo tienen, es un trozo de tiza». Esto implica el supuesto de que «la tiza deja un trazo blanco cuando se la pasa por una pizarra». Se podría replicar a la demostración del profesor que hay otras cosas, aparte de las tizas, que dejan trazos blancos en las pizarras. Quizás después de otra acción por parte del profesor, tal como desmenuzar la tiza, que se replica de manera similar, el profesor en cuestión podría recurrir al análisis químico. Químicamente, la tiza es en su mayor parte carbonato de calcio, afirma, y, por tanto, produciría dióxido de carbono si se la sumergiera en un ácido. Efectúa la prueba y demuestra que el gas resultante es dióxido de carbono mostrando que vuelve lechosa el agua de cal. Cada una de las etapas de esta serie de intentos por consolidar la validez del enunciado observacional «He aquí un trozo de tiza» conlleva una apelación no sólo a nuevos enunciados observacionales, sino también a más generalizaciones teóricas. La prueba que constituía el punto final de nuestra serie suponía bastante teoría química (el efecto de los ácidos sobre los carbonatos, el efecto peculiar del dióxido de carbono sobre el agua de cal). Para establecer la validez de un enunciado observacional, por consiguiente, es necesario apelar a la teoría y cuanto más firmemente se haya de establecer la validez, mayor será el conocimiento teórico que se emplee. Este hecho está en directa contradicción con lo que podríamos esperar según la opinión inductivista, a saber, que para establecer la verdad de un enunciado observacional problemático apelamos a enunciados observacionales más seguros y quizás a leyes derivadas inductivamente de ellos, pero no a la teoría.

A veces en el lenguaje cotidiano sucede que un «enunciado observacional» que en apariencia no plantea problemas resulta ser falso al verse defraudada una expectativa, debido

a la falsedad de alguna teoría presupuesta en la afirmación del enunciado observacional. Por ejemplo, puede que unos excursionistas que se encuentran en lo alto de una montaña elevada observen mientras echan una ojeada al fuego de campamento: «el agua está suficientemente caliente para hacer té» y luego descubran que estaban tristemente equivocados cuando beban el brebaje resultante. La teoría que erróneamente se había dado por supuesta es que el agua hirviendo estaba suficientemente caliente para hacer té, lo cual no tiene por qué ser así en el caso del agua hirviendo en las bajas presiones experimentadas en altitudes elevadas.

A continuación presentamos algunos ejemplos menos artificiales que son más útiles para nuestro intento de comprender la naturaleza de la ciencia.

En la época de Copérnico (antes de que se inventara el telescopio) se hicieron cuidadosas mediciones del tamaño de Venus. El enunciado «Venus, tal y como se ve desde la Tierra, no cambia apreciablemente de tamaño a lo largo del año» era generalmente aceptado por todos los astrónomos, copernicanos y no copernicanos, basándose en esas observaciones. Andreas Osiander, contemporáneo de Copérnico, se refirió a la predicción de que Venus parecería cambiar de tamaño a lo largo del año como «un resultado que la experiencia de todas las épocas contradice»⁵. Se aceptó la observación a pesar de sus inconvenientes, ya que tanto la teoría copernicana como algunas de sus rivales predecían que Venus parecería cambiar de tamaño a lo largo del año. No obstante, ahora se considera que el enunciado es falso, pues presupone la falsa teoría de que a simple vista se puede calibrar de un modo preciso el tamaño de las pequeñas fuentes de luz. La moderna teoría puede ofrecer una explicación de por qué resultará errónea la estimación a simple vista del tamaño de las pequeñas fuentes de luz y por qué se han de preferir las observaciones telescópicas, que muestran que el tamaño aparente de Venus varía considerablemente a lo largo del año. Este ejemplo ilustra claramente que

⁵ E. Rosen, *Three Copernican treatises*, Nueva York, Dover, 1959, página 25.

los enunciados observacionales dependen de la teoría y, por tanto, también su falibilidad.

El segundo ejemplo se refiere a la electrostática. Los primeros experimentadores en este campo dieron cuenta de las observaciones de varillas electrizadas que se volvían pegajosas, como lo demostraba el hecho de que se pegaran a ellas trocitos de papel, y del rechazo mutuo de dos cuerpos electrizados. Desde un punto de vista moderno, esos informes observacionales eran erróneos. Las falsas concepciones que facilitaron esas observaciones serían ahora reemplazadas por las nociones de fuerzas atrayentes y repelentes que actúan a distancia, conduciendo así a informes observacionales completamente diferentes.

Finalmente, y como detalle más divertido, los modernos científicos no tendrían ninguna dificultad para exponer la falsedad de un apunte en el cuaderno del honesto Kepler, como consecuencia de las observaciones realizadas a través de un telescopio galileano, que dice así: «Marte es cuadrado y de un intenso color»⁶.

En esta sección he mantenido que el inductivista está equivocado en dos cosas. La ciencia no comienza con los enunciados observacionales, porque una teoría de algún tipo precede siempre a todos los enunciados observacionales, y los enunciados observacionales no constituyen una base firme sobre la que pueda descansar el conocimiento científico, porque son falibles. Sin embargo no pretendo afirmar que de esto se siga que los enunciados observacionales no deberían desempeñar ningún papel en la ciencia. No insto a que se descarten todos los enunciados observacionales porque son falibles; simplemente mantengo que el papel que atribuyen los inductivistas a los enunciados observacionales en la ciencia es incorrecto.

⁶ P. K. Feyerabend. *Against method: outline of an anarchistic theory of knowledge*, Londres, New Left Books, 1975, p. 126.

IV. LA TEORÍA GUÍA LA OBSERVACION Y LA EXPERIMENTACION

Según el más ingenuo de los inductivistas las observaciones efectuadas por un observador imparcial y sin prejuicios proporcionan la base del conocimiento científico⁷. Si esta postura se interpreta literalmente, es absurda e insostenible. Para ilustrarlo, imaginemos a Heinrich Hertz, en 1888, efectuando el experimento eléctrico que le permitió producir y detectar las ondas de radio por primera vez. Si hubiera sido completamente imparcial al hacer sus observaciones, se habría visto obligado a registrar no sólo las lecturas en varios contadores, la presencia o ausencia de chispas en diversos lugares críticos en los circuitos eléctricos, las dimensiones del circuito, etc., sino también el color de los contadores, las dimensiones del laboratorio, el estado del tiempo, el tamaño de sus zapatos y un montón de detalles «claramente irrelevantes», esto es, irrelevantes para el tipo de teoría en el que Hertz estaba interesado y que estaba comprobando. (En este caso concreto, Hertz estaba comprobando la teoría electromagnética de Maxwell para ver si podía producir las ondas de radio predichas por la teoría.) Como segundo ejemplo, hipotético, supongamos que yo tuviera muchas ganas de hacer alguna contribución a la fisiología o a la anatomía humanas y supongamos que hubiera observado que se habían llevado a cabo muy pocos estudios sobre los lóbulos de las orejas de los seres humanos. Si, basándome en eso, tuviera que proceder a efectuar cuidadosas observaciones del peso de los lóbulos de las orejas de muchísimos seres humanos, registrando y clasificando todas esas observaciones, creo que resulta evidente que no estaría haciendo ninguna aportación importante a la ciencia. Estaría perdiendo el tiempo, a menos que se hubiera propuesto una teoría que diera importancia al peso de los lóbulos de las orejas, por ejemplo una teoría que relacionara de algún modo el tamaño de los lóbulos con la incidencia del cáncer. Los ejemplos anteriores ilustran un aspecto importante en el que la teoría precede a la observación en la ciencia.

⁷ Véase, por ejemplo, la cita de la p. 22.

Las observaciones y los experimentos se efectúan para comprobar o aclarar alguna teoría, y sólo se deben registrar las observaciones que se consideran relevantes para esa tarea. Sin embargo, en la medida en que las teorías que constituyen nuestro conocimiento científico son falibles e incompletas, la guía que las teorías nos ofrecen con respecto a qué observaciones son relevantes para algún fenómeno que se está investigando puede ser engañosa, y puede hacer que se pasen por alto algunos factores importantes. El experimento de Hertz referido anteriormente proporciona un bonito ejemplo. Uno de los factores a los que me refería como «claramente irrelevantes» era de hecho muy relevante. Una consecuencia de la teoría que se estaba comprobando era que las ondas de radio deben tener una velocidad igual a la velocidad de la luz. Cuando Hertz midió la velocidad de sus ondas de radio, encontró repetidas veces que su velocidad era significativamente distinta a la de la luz. Nunca consiguió resolver ese problema. Y hasta después de su muerte no se comprendió cuál era realmente la fuente del problema: las ondas de radio emitidas desde su aparato se reflejaban en las paredes del laboratorio y volvían al aparato, interfiriendo en las mediciones. Resultó que las dimensiones del laboratorio eran muy relevantes. Así pues, las falibles e incompletas teorías que constituyen el conocimiento científico pueden servir de falsa guía para un observador. Pero este problema se ha de abordar mejorando y ampliando nuestras teorías y no registrando una lista infinita de observaciones sin un propósito fijo.

V. EL INDUCTIVISMO NO ESTÁ REFUTADO DE UN MODO CONCLUYENTE

El hecho de que la observación dependa de la teoría, que se ha analizado en este capítulo, socava la afirmación inductivista de que la ciencia comienza con la observación. Sin embargo, sólo los inductivistas más ingenuos desearían defender esta postura. Ninguno de los inductivistas modernos, más sofisticados, desearía mantener esa versión literal. Pueden prescindir de la afirmación de que la ciencia debe

comenzar con la observación imparcial y sin prejuicios estableciendo una distinción entre el modo en que se concibe o descubre por primera vez una teoría, por un lado, y el modo en que se justifica o se valoran sus méritos, por otro. Esta postura modificada admite francamente que las nuevas teorías se conciben de diversas maneras y a menudo a través de muchos caminos. Se le pueden ocurrir al descubridor en un momento de inspiración, como en la mítica historia de que el descubrimiento por parte de Newton de la ley de gravitación surgió cuando vio caer una manzana de un árbol. Igualmente, podría producirse un nuevo descubrimiento como resultado de un accidente, como sucedió cuando Roentgen llegó al descubrimiento de los rayos x por el continuo ennegrecimiento de las placas fotográficas almacenadas en las proximidades de su tubo de descarga. O también se podría llegar a un nuevo descubrimiento después de largas series de observaciones y cálculos, tal y como enseñan los descubrimientos de Kepler de las leyes del movimiento planetario. Las teorías pueden ser concebidas, y usualmente lo son, antes de hacer las observaciones necesarias para probarlas. Además, según este inductivismo más sofisticado, los actos creativos, los más nuevos e importantes de los cuales exigen genio e implican la intervención de la psicología individual de los científicos, se resisten al análisis lógico. El descubrimiento y la cuestión del origen de las nuevas teorías son materias que quedan excluidas de la filosofía de la ciencia.

Sin embargo, una vez que se ha llegado a nuevas leyes y teorías, no importa por qué camino, todavía queda la cuestión de la adecuación de esas leyes y teorías. ¿Corresponden a un conocimiento científico lícito o no? Esta es la pregunta que interesa a los inductivistas sofisticados. Su respuesta es más o menos la que he esbozado en el capítulo 1. Gran cantidad de hechos relevantes para una teoría se deben determinar mediante la observación en una amplia variedad de circunstancias y hay que establecer en qué medida se puede demostrar que la teoría es verdadera o probablemente verdadera a la luz de esos hechos y mediante algún tipo de inferencia inductiva.

La separación entre el modo de descubrimiento y el modo

de justificación permite que los inductivistas eludan esa parte de la crítica que se les ha hecho en este capítulo y que iba dirigida contra la afirmación de que la ciencia comienza con la observación. Sin embargo, se puede cuestionar la licitud de la separación de los dos modos. Por ejemplo, seguramente parecería razonable sugerir que una teoría que anticipa y conduce al descubrimiento de nuevos fenómenos, tal como la teoría de Clerk Maxwell condujo al descubrimiento de las ondas de radio, es más digna de consideración y más justificable que una ley o teoría ideada para explicar fenómenos ya conocidos y no conducente al descubrimiento de otros nuevos. Espero que a medida que avance este libro quedará cada vez más claro que es esencial entender la ciencia como un conjunto de conocimientos que se desarrollan históricamente y que sólo se puede apreciar correctamente una teoría si se presta la debida atención a su contexto histórico. La apreciación de una teoría está íntimamente vinculada a las circunstancias en las cuales apareció esa teoría por primera vez.

Aunque aceptemos que los inductivistas separen el modo de descubrimiento del modo de justificación, su postura se seguirá resintiendo del hecho de que los enunciados observacionales están cargados de teoría y son por tanto falibles. El inductivista pretende establecer una distinción bastante tajante entre la observación directa, que espera servir de base firme al conocimiento científico, y las teorías, que se han de justificar en la medida en que reciban un apoyo inductivo de la firme base observacional. Los ultrainductivistas, como los positivistas lógicos, han llegado incluso a decir que las teorías sólo tienen sentido en tanto pueden ser verificadas por la observación directa. Esta postura se ve contradicha por el hecho de que no se puede mantener esa tajante distinción entre observación y teoría, ya que la observación, o mejor dicho los enunciados resultantes de la observación, están influidos por la teoría.

Aunque he criticado duramente las filosofías de la ciencia inductivistas en este capítulo y en el anterior, los argumentos que he presentado no constituyen una refutación completamente decisiva de ese programa. No se puede considerar que el problema de la inducción se ha resuelto definitiva-

mente porque, como ya he mencionado anteriormente, la mayor parte de las otras filosofías de la ciencia tropiezan con dificultades similares. Solamente he indicado una manera en que los inductivistas pueden eludir hasta cierto punto las críticas que se centran en el hecho de que la observación depende de la teoría, y estoy convencido de que podrán idear defensas más ingeniosas. La principal razón por la que creo que se debe abandonar el inductivismo es que, comparado con otros enfoques más modernos, cada vez le ha resultado más difícil arrojar nueva e interesante luz sobre la naturaleza de la ciencia, hecho que llevó a Imre Lakatos a afirmar que el programa estaba en vías de degeneración. Las concepciones de la ciencia progresivamente más adecuadas, más interesantes y más fructíferas que se desarrollarán en los siguientes capítulos constituirán el argumento más contundente contra el inductivismo.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

La dependencia, por parte de las experiencias perceptivas, de la teoría se analiza e ilustra con ejemplos en la obra de N. R. Hanson *Patterns of discovery*, Cambridge, Cambridge University Press, 1958. En los escritos de Popper, Kuhn y Feyerabend abundan los argumentos y ejemplos que apoyan la tesis de que las observaciones y los enunciados observacionales dependen de la teoría. Algunos de los pasajes que tratan de modo específico el tema son: *The logic of discovery* de K. R. Popper (Londres, Hutchinson, 1968), cap. 5 y apéndice 10; *Objective knowledge*, de K. R. Popper (Oxford, Oxford University Press, 1972), páginas 341-61; *Against method: outline of an anarchistic theory of knowledge* (Londres, New Left Books, 1975), capítulos 6 y 7; y T. S. Kuhn, *The structure of scientific revolutions* (Chicago, Chicago University Press, 1970), capítulo 10. El capítulo 1 de *The justification of scientific change* de Carl R. Kordig (Dordrecht, Reidel Pub. Co., 1971) contiene un análisis del tema que critica a Hanson y Feyerabend a la vez. Una explicación prudente, aunque algo seca, es la de Israel Scheffler en *Science and subjectivity* (Nueva York, Bobbs-Merrill, 1967). *Eye and brain* de R. L. Gregory (Londres, Weidenfeld and Nicolson, 1972) y *Art and illusion* de Ernst Gombrich (Nueva York, Pantheon, 1960) constituyen dos entretenidos análisis de la percepción relacionados

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. INTRODUCCION 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 CUESTION LOGICA 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. Típica 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 falsará 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

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.

5. EL FALSACIONISMO SOFISTICADO, LAS NUEVAS PREDICCIONES Y EL DESARROLLO DE LA CIENCIA

I. GRADOS DE FALSABILIDAD RELATIVOS EN VEZ DE ABSOLUTOS

En el capítulo anterior se mencionaron algunas condiciones que debe cumplir una hipótesis para que sea digna de consideración científica. Una hipótesis debe ser falsable, cuanto más falsable mejor, y, no obstante, no debe ser falsada. Los falsacionistas más sofisticados se dan cuenta de que estas condiciones por sí solas son insuficientes. Una condición adicional va unida a la necesidad que tiene la ciencia de progresar. Cualquier hipótesis debe ser más falsable que aquella en cuyo lugar se ofrece.

La concepción falsacionista sofisticada de la ciencia, con su hincapié en el desarrollo científico, traslada el centro de atención de los méritos de una sola teoría a los méritos relativos de teorías enfrentadas. Proporciona una imagen dinámica de la ciencia en lugar de la concepción estática de los falsacionistas más ingenuos. En vez de preguntarse de una teoría: «¿Es falsable?», «¿En qué medida es falsable?» y «¿Ha sido falsada?» resulta más apropiado preguntar: «La teoría recién propuesta, ¿es un sustituto viable de aquella a la que desafía?» En general, una teoría recién propuesta será considerada como digna de atención por parte de los científicos si es más falsable que su rival y en especial si predice un nuevo tipo de fenómeno que su rival no mencionaba.

El hincapié en la comparación de los grados de falsabilidad de series de teorías, que es consecuencia del hincapié en la ciencia como un conjunto en evolución y desarrollo de conocimientos, permite evitar un problema técnico, ya

que es muy difícil especificar hasta qué punto es falsable una teoría. No se puede definir la medición absoluta de la falsabilidad simplemente porque el número de falsadores potenciales de una teoría siempre será infinito. Es difícil encontrar una respuesta a la pregunta: «¿Hasta qué punto es falsable la ley de la gravitación de Newton?» Por otro lado, a menudo es posible comparar los grados de falsabilidad de las leyes o teorías. Por ejemplo, la afirmación: «Dos cuerpos cualesquiera se atraen mutuamente con una fuerza inversamente proporcional al cuadrado de su distancia» es más falsable que la afirmación «Los planetas del sistema solar se atraen mutuamente con una fuerza inversamente proporcional al cuadrado de su distancia». La primera afirmación implica la segunda. Todo lo que false la segunda falsará la primera, pero no a la inversa. Idealmente, al falsacionista le gustaría poder decir que la serie de teorías que constituyen la evolución histórica de la ciencia está hecha de teorías falsables, siendo cada una en la serie más falsable que su predecesora.

II. EL AUMENTO DE LA FALSABILIDAD Y LAS MODIFICACIONES «AD HOC»

La exigencia de que, según progresa la ciencia, sus teorías sean cada vez más falsables y en consecuencia tengan cada vez más contenido y sean cada vez más informativas excluye que se efectúen modificaciones en unas teorías destinadas simplemente a proteger una teoría de una falsación amenazadora. Una modificación en una teoría, tal como la adición de un postulado más o un cambio en algún postulado existente, que no tenga consecuencias comprobables que no fueran ya consecuencias comprobables de la teoría sin modificar, será denominada modificación *ad hoc*. El resto de esta sección se ocupará de mostrar ejemplos destinados a aclarar la noción de modificación *ad hoc*. En primer lugar consideraré algunas modificaciones *ad hoc* que el falsacionista rechazaría y después éstas serán contrastadas con algunas modificaciones que no son *ad hoc* y que, en consecuencia, el falsacionista aceptaría.

Comenzaré con un ejemplo bastante trivial. Consideremos la generalización «El pan alimenta». Esta teoría de bajo nivel, si se explica más detalladamente, equivale a la afirmación de que, si el trigo crece de manera normal, se convierte en pan de manera normal y es comido por los seres humanos de manera normal, entonces esos seres humanos se alimentarán. Esta teoría aparentemente inofensiva planteó un problema en un pueblo francés en una ocasión en la que el trigo creció de manera normal, se convirtió en pan de manera normal y, no obstante, la mayoría de las personas que comieron ese pan cayeron gravemente enfermas y muchas murieron. La teoría «(Todo) el pan alimenta» se vio falsada. Se puede modificar la teoría para evitar su falsación adaptándola de modo que diga: «(Todo) el pan, con excepción de la hornada de pan producida en la aldea francesa en cuestión, alimenta». Esta es una modificación *ad hoc*. La teoría modificada no puede ser comprobada de manera que no lo sea también la teoría original. El consumo de pan por cualquier ser humano constituye una comprobación de la teoría original, mientras que las comprobaciones de la teoría modificada se limitan al consumo de pan distinto de esa hornada de pan que produjo resultados tan desastrosos en Francia. La hipótesis modificada es menos falsable que la versión original. El falsacionista rechaza esas acciones de retaguardia.

El siguiente ejemplo es menos truculento y más entretejido. Es un ejemplo que se basa en un intercambio que tuvo lugar realmente a principios del siglo XVII entre Galileo y un adversario aristotélico. Después de haber observado la luna cuidadosamente a través de su recién inventado telescopio, Galileo pudo informar que la luna no era una esfera lisa sino que su superficie estaba llena de montañas y cráteres. Su adversario aristotélico tenía que admitir que las cosas parecían ser de ese modo cuando por sí mismo repitió las observaciones. Pero las observaciones amenazaban a una noción fundamental para muchos aristotélicos, a saber, que todos los cuerpos celestes son esferas perfectas. El rival de Galileo defendió su teoría frente a la aparente falsación de una manera evidentemente *ad hoc*. Sugirió que había una sustancia invisible en la luna que llenaba los cráteres y cu-

bría las montañas de tal manera que la forma de la luna era perfectamente esférica. Cuando Galileo preguntó cómo se podría detectar la presencia de la sustancia invisible, la réplica fue que no había manera de poderla detectar. Así pues, no hay duda de que la teoría modificada no produjo nuevas consecuencias comprobables y de que, para un falsacionista, sería completamente inaceptable. Galileo, exasperado, fue capaz de mostrar la inexactitud de la postura de su rival de una manera característicamente ingeniosa. Anunció que estaba dispuesto a admitir la existencia de la sustancia invisible indetectable en la luna, pero insistió en que dicha sustancia no estaba distribuida tal y como sugería su rival, sino que en realidad estaba apilada encima de las montañas de modo que eran varias veces más altas de lo que parecían a través del telescopio. Galileo fue capaz de superar a su rival en el inútil juego de la invención de instrumentos *ad hoc* para proteger las teorías.

A continuación mencionaremos otro ejemplo de una hipótesis posiblemente *ad hoc*, procedente de la historia de la ciencia. Antes de Lavoisier, la teoría del flogisto era la teoría clásica de la combustión. Según esa teoría, cuando se quemaban las sustancias, se desprendía de ellas el flogisto. Esta teoría se vio amenazada cuando se descubrió que muchas sustancias aumentaban de peso con la combustión. Una manera de salvar la aparente falsación consistió en sugerir que el flogisto tenía peso negativo. Si esta hipótesis se podía comprobar solamente pesando las sustancias antes y después de la combustión, entonces era *ad hoc*. No condujo a nuevas comprobaciones.

Las modificaciones efectuadas en una teoría en un intento de salvar una dificultad no necesitan ser *ad hoc*. A continuación presentamos algunos ejemplos de modificaciones que no son *ad hoc* y que, en consecuencia, son aceptables desde un punto de vista falsacionista.

Volvamos a la falsación de la afirmación «El pan alimenta» para ver cómo se podría modificar de una manera aceptable. Un paso aceptable sería reemplazar la teoría original falsada por la afirmación «Todo el pan alimenta excepto el hecho de trigo contaminado por un determinado tipo de hongo» (seguido de una especificación del hongo y de

algunas de sus características). Esta teoría modificada no es *ad hoc* porque lleva a nuevas comprobaciones. Es *contrastable de forma independiente*, por usar la expresión de Popper¹. Las posibles comprobaciones incluirían comprobar de qué trigo estaba hecho el pan contaminado para detectar la presencia del hongo, cultivar el hongo en un trigo especialmente preparado y comprobar el efecto alimenticio del pan producido con él, analizar químicamente el hongo para determinar la presencia de venenos conocidos, etc. Todas estas pruebas, muchas de las cuales no constituyen pruebas de la hipótesis original, podrían dar como resultado la falsación de la hipótesis modificada. Si la hipótesis modificada, más falsable, supera la falsación frente a las nuevas pruebas, entonces se habrá aprendido algo nuevo y se habrá progresado.

Volvamos ahora a la historia de la ciencia en busca de un ejemplo menos artificial y consideremos la serie de acontecimientos que condujeron al descubrimiento del planeta Neptuno. Las observaciones realizadas en el siglo XIX del movimiento del planeta Urano indicaban que su órbita difería considerablemente de la predicha según la teoría gravitatoria de Newton, planteando pues un problema a dicha teoría. Leverrier en Francia y Adams en Inglaterra sugirieron, en un intento por salvar la dificultad, que existía un planeta hasta entonces no detectado cerca de Urano. La atracción entre el supuesto planeta y Urano habría de explicar el alejamiento de este último con respecto a la órbita inicialmente predicha. Esta sugerencia no era *ad hoc*, como iban a mostrar los acontecimientos. Era posible estimar la distancia aproximada del supuesto planeta, si tenía un tamaño razonable y era responsable de la perturbación de la órbita de Urano. Una vez hecho eso, fue posible comprobar la nueva propuesta inspeccionando la región correspondiente del cielo mediante el telescopio. De este modo fue como Galle vio por primera vez el planeta que ahora se conoce como Neptuno. Lejos de ser *ad hoc*, la acción para salvar

¹ Véase, por ejemplo, «The aim of science», de Karl Popper, en su *Objective knowledge* (Oxford, Oxford University Press, 1972), páginas 191-205, en especial p. 193.

la teoría de Newton de la falsación por medio de la órbita de Urano condujo a un nuevo tipo de comprobación de esa teoría, que pudo superar de manera espectacular y progresiva.

III. LA CONFIRMACION EN LA CONCEPCION FALSACIONISTA DE LA CIENCIA

Cuando en el capítulo anterior se introdujo el falsacionismo como alternativa al inductivismo, se dijo que las falsaciones, esto es, los fracasos de las teorías ante las pruebas experimentales y observacionales, tenían una importancia fundamental. Se aducía que la situación lógica permite el establecimiento de la falsedad pero no de la verdad de las teorías a la luz de los enunciados observacionales disponibles. También se sostenía que la ciencia progresaría proponiendo conjeturas osadas, sumamente falsables, como intentos de resolver los problemas, seguidas de implacables intentos por falsar las nuevas propuestas. Junto con esto se sugería que los avances importantes en la ciencia llegaban cuando se falsaban estas audaces conjeturas. Esto es lo que dice el reconocido falsacionista Popper en el trozo citado en la página 66, en el que las cursivas son suyas. Sin embargo, prestar una atención exclusiva a los casos de falsación equivale a representar de manera equivocada la postura del falsacionista sofisticado. El ejemplo con el que concluíamos la sección anterior contiene más de una indicación al respecto. El intento independientemente comprobable de salvar la teoría de Newton mediante una hipótesis especulativa tuvo éxito porque el descubrimiento de Neptuno confirmó la hipótesis, y no porque ésta fuera falsada.

Es un error considerar que la falsación de conjeturas audaces, sumamente falsables, es la ocasión para que avance la ciencia de modo significativo². Este hecho queda claro cuando consideramos las diversas posibilidades extremas. En un extremo tenemos unas teorías que toman la forma

² Para un análisis detallado de esta cuestión, véase «On learning from our mistakes», de A. F. Chalmers, *British Journal for the Philosophy of Science*, 24, 1973, pp. 164-73.

de conjeturas audaces y aventuradas, mientras que en el otro tenemos unas teorías que son conjeturas prudentes, que hacen afirmaciones que no parecen implicar riesgos significativos. Si cualquiera de los dos tipos de conjetura fracasa en una prueba experimental u observacional, resultará falsada, mientras que si pasa tal prueba diremos que está *confirmada*³. Los adelantos importantes vendrán marcados por la *confirmación* de las conjeturas *audaces* o por la *falsación* de las conjeturas *prudentes*. Los casos del primer tipo serán informativos y constituirán una importante aportación al conocimiento científico, simplemente porque señalan el descubrimiento de algo hasta entonces inaudito o considerado improbable. El descubrimiento de Neptuno y de las ondas de radio, y la confirmación por Eddington de la aventurada predicción de Einstein de que los rayos de luz se curvarían en los campos gravitatorios fuertes, constituyeron adelantos significativos en la ciencia. Las predicciones arriesgadas fueron confirmadas. Las falsaciones de conjeturas prudentes son informativas porque establecen que lo que se considera sin más problemas verdadero es en realidad falso. La demostración que hiciera Russell de que la teoría ingenua de conjuntos, que se basaba en lo que parecían ser proposiciones casi evidentes, es incoherente proporciona un ejemplo de falsación informativa de una conjetura en apariencia libre de riesgo. En contraposición, de la *falsación* de una conjetura *audaz* o de la *confirmación* de una conjetura *prudente* se aprende poco. Si se falsa una conjetura audaz, entonces todo lo que se aprende es que otra idea loca ha resultado errónea. La falsación de la especulación kepleriana de que la distribución espacial de las órbitas planetarias se podía explicar por referencia a los cinco sólidos regulares de Platón no señaló un hito en el progreso de la física. De modo semejante, las confirmaciones de las hipótesis prudentes no son informativas. Esas confirmaciones indican meramente que se ha aplicado una vez más con éxito una teoría que estaba bien establecida y

³ No hay que confundir este uso de «confirmado» con otro uso, según el cual decir de una teoría que está confirmada es afirmar que ha sido probada o establecida como verdadera.

no se consideraba problemática. Por ejemplo, la confirmación de la conjetura de que las muestras de hierro extraídas de su mena mediante algún nuevo proceso se dilatarán al ser calentadas, al igual que cualquier otro hierro, tendría poca importancia.

El falsacionista desea rechazar las hipótesis *ad hoc* y estimular la propuesta de hipótesis audaces como mejoras potenciales de las teorías falsadas. Estas hipótesis audaces conducirán a predicciones nuevas y comprobables, que no se siguen de la teoría original falsada. Sin embargo, aunque el hecho de que ello conduzca a la posibilidad de nuevas pruebas haga digna de investigación a una hipótesis, no figurará como una mejora de la teoría problemática para cuya sustitución ha sido ideada hasta que haya superado al menos algunas de esas pruebas. Esto equivale a decir que antes de que se pueda considerar que es un sustituto adecuado de una teoría falsada, una teoría recién y audazmente propuesta debe efectuar algunas nuevas predicciones que queden confirmadas. Muchas especulaciones descabelladas e imprudentes no superarán las pruebas posteriores y, en consecuencia, no se las estimará como contribuciones al desarrollo del conocimiento científico. La ocasional especulación descabellada e imprudente que conduzca a una nueva e improbable predicción, que no obstante queda confirmada por la observación o la experimentación, quedará por ello establecida como un momento culminante en la historia del desarrollo científico. Las confirmaciones de nuevas predicciones resultantes de conjeturas audaces son muy importantes en la concepción falsacionista del desarrollo científico.

IV. AUDACIA, NOVEDAD Y CONOCIMIENTO BÁSICO

Es necesario decir algo más acerca de los adjetivos «audaz» y «nuevo» tal y como se aplican a las hipótesis y a las predicciones respectivamente. Ambas son nociones históricamente relativas. Lo que se clasifica como conjetura audaz en una etapa de la historia de la ciencia no tiene por qué ser audaz en otra etapa posterior. Cuando Maxwell propuso su «teoría dinámica del campo electromagnético» en 1864.

era una conjetura audaz. Era audaz porque estaba en conflicto con las teorías generalmente aceptadas en la época, teorías que incluían el supuesto de que los sistemas electromagnéticos (imanes, cuerpos cargados, conductores portadores de corriente, etc.) actúan unos sobre otros de modo simultáneo a través del espacio vacío y que los efectos electromagnéticos se pueden propagar a velocidad finita solamente a través de sustancias materiales. La teoría de Maxwell chocaba con estos supuestos generalmente aceptados porque predecía que la luz es un fenómeno electromagnético y también predecía, como después se advertiría, que las corrientes fluctuantes deben emitir un nuevo tipo de radiación, las ondas de radio, que viajan a velocidad finita a través del espacio vacío. Por ello en 1864 la teoría de Maxwell era audaz y la posterior predicción de las ondas de radio era una predicción *nueva*. Hoy en día, el hecho de que la teoría de Maxwell pueda dar una explicación precisa del comportamiento de una amplia gama de sistemas electromagnéticos es una parte generalmente aceptada del conocimiento científico y no se considerarán predicciones nuevas las afirmaciones acerca de la existencia y propiedades de las ondas de radio.

Si llamamos al complejo de las teorías científicas generalmente aceptadas y bien establecidas en alguna etapa de la historia de la ciencia *conocimiento básico* de esa época, entonces podemos decir que una conjetura será audaz si sus afirmaciones son improbables a la luz del conocimiento básico de la época. La teoría general de la relatividad de Einstein era audaz en 1915 porque en esa época el conocimiento básico incluía el supuesto de que la luz se propaga en línea recta. Dicho supuesto chocaba con una consecuencia de la teoría general de la relatividad, a saber, que los rayos de luz se debían curvar en campos gravitatorios fuertes. La astronomía de Copérnico era audaz en 1543 porque chocaba con el supuesto básico de que la tierra está inmóvil en el centro del universo. Hoy en día no se la consideraría audaz.

Así como las conjeturas se consideran audaces o no por referencia al conocimiento básico relevante, así también se juzgará que las predicciones son nuevas si conllevan algún

fenómeno que no figure en el conocimiento básico de la época o que quizás esté explícitamente excluido por él. La predicción de Neptuno en 1846 era nueva porque el conocimiento básico de esa época no contenía ninguna referencia a ese planeta. La predicción que dedujo Poisson de la teoría ondulatoria de la luz de Fresnel en 1818, a saber, que se debía observar una mancha brillante en el centro de una cara de un disco opaco convenientemente iluminado desde la otra, era nueva porque la teoría corpuscular de la luz, que formaba parte del conocimiento básico de la época, excluía la existencia de esa mancha brillante.

En la sección anterior se mantenía que las principales contribuciones al desarrollo del conocimiento científico suceden cuando se confirma una conjetura audaz o cuando se falsa una conjetura prudente. La idea del conocimiento básico nos permite ver que estas dos posibilidades se darán juntas como resultado de un solo experimento. El conocimiento básico consta de hipótesis prudentes precisamente porque ese conocimiento está bien establecido y no se considera problemático. La confirmación de una conjetura audaz supondrá la falsación de alguna parte del conocimiento básico con respecto al cual era audaz la conjetura.

V. COMPARACION DE LAS CONCEPCIONES INDUCTIVISTA Y FALSACIONISTA DE LA CONFIRMACION

Hemos visto que la confirmación tiene un importante papel que desempeñar en la ciencia, tal y como la interpreta el falsacionista sofisticado. Sin embargo, eso no quiere decir que esté mal puesto el calificativo de «falsacionismo» a su postura. El falsacionista sofisticado sigue manteniendo que las teorías se pueden falsar y rechazar, aunque niegue que se puedan establecer como verdaderas o probablemente verdaderas. El propósito de la ciencia es falsar las teorías y reemplazarlas por teorías mejores, teorías que demuestren una mayor capacidad para resistir las pruebas. Las confirmaciones de las nuevas teorías son importantes en la medida en que constituyen la demostración de que una nueva teoría es una mejora de la teoría a la que reemplaza, la

teoría que es falsada por la evidencia descubierta con ayuda de la nueva teoría y que la confirma. Una vez que la audaz teoría recién propuesta logra desbancar a su rival, se convierte a su vez en un nuevo blanco al que se dirigirán las pruebas rigurosas, ideadas con la ayuda de otras teorías audazmente conjeturadas.

Debido al hincapié que hacen los falsacionistas en el desarrollo de la ciencia, su concepción de la confirmación es significativamente distinta a la de los inductivistas. La importancia de algunos casos confirmadores de una teoría, según la postura inductivista descrita en el capítulo 1, está determinada exclusivamente por la relación lógica existente entre los enunciados observacionales que son confirmados y la teoría que éstos apoyan. El grado de apoyo que dieron a la teoría newtoniana las observaciones de Neptuno realizadas por Galle no es diferente del grado de apoyo dado por una moderna observación de Neptuno. El contexto histórico en el que se obtiene la evidencia no tiene importancia. Los casos confirmadores lo son si proporcionan apoyo inductivo a una teoría, y cuanto mayor sea el número de casos confirmadores establecidos, mayor será el apoyo a la teoría y más probable será que sea verdadera. Esta teoría ahistórica de la confirmación parece tener la consecuencia negativa de que innumerables observaciones realizadas de piedras que caen, posiciones planetarias, etc., constituyen una actividad científica valiosa en la medida en que llevan a aumentar la estimación de la probabilidad de la verdad de la ley de la gravitación.

En contraposición, en la concepción falsacionista la importancia de las confirmaciones depende muchísimo de su contexto histórico. Una confirmación conferirá un alto grado de valor a una teoría si esa confirmación fue el resultado de la comprobación de una predicción nueva. Esto es, una confirmación será importante si se estima que es improbable que suceda a la luz del conocimiento básico de la época. Las confirmaciones que son conclusiones conocidas de antemano son insignificantes. Si hoy en día confirmo la teoría de Newton tirando una piedra al suelo, no contribuyo con nada de valor a la ciencia. Por el contrario, si mañana confirmo una teoría especulativa que implica que la atrac-

ción gravitatoria entre dos cuerpos depende de sus temperaturas, falsando en el proceso la teoría de Newton, habré realizado una aportación importante al conocimiento científico. La teoría de Newton de la gravitación y algunas de sus limitaciones forman parte del conocimiento básico actual, mientras que no sucede así con la dependencia de la atracción gravitatoria de la temperatura. He aquí un ejemplo adicional en apoyo de la perspectiva histórica que los falsacionistas introducen en la confirmación. Hertz confirmó la teoría de Maxwell cuando detectó las primeras ondas de radio. Yo también confirmo la teoría de Maxwell siempre que escucho la radio. La situación lógica es similar en los dos casos. En cada uno, la teoría predice que se deben detectar ondas de radio y, en cada uno, el éxito de su detección presta un apoyo inductivo a la teoría. No obstante, Hertz es justamente famoso por la confirmación que consiguió, mientras que mis frecuentes confirmaciones son justamente ignoradas en un contexto científico. Hertz dio un importante paso adelante. Cuando escucho la radio sólo paso el tiempo. El contexto histórico es el que establece la diferencia.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

Ya nos hemos referido a los escritos de Popper como lectura pertinente para el falsacionismo. Especialmente pertinentes para el análisis del desarrollo de la ciencia son *Conjectures and refutations* (Londres, Routledge and Kegan Paul, 1969), capítulo 10, y *Objective knowledge* (Oxford, Oxford University Press, 1972), capítulos 5 y 7. Feyerabend ha contribuido al programa falsacionista más sofisticado. Véase, por ejemplo, su artículo «Explanation, reduction and empiricism» en *Scientific explanation, space and time*, *Minnesota studies in the philosophy of science*, vol. 3, compilado por H. Feigl y G. Maxwell (Minneapolis, University of Minnesota Press, 1962), pp. 27-97 y «Problems of empiricism» en *Beyond the edge of certainty*, compilado por R. Colodny (Nueva York, Prentice Hall, 1965), pp. 45-260. I. Lakatos analiza diversas etapas del desarrollo del programa falsacionista y su relación con el programa inductivista en «Falsification and the methodology of scientific research programmes» en *Criticism and the growth of knowledge*, compilado por I.

Lakatos y A. Musgrave (Cambridge, Cambridge University Press, 1974), pp. 91-196, y aplica el concepto falsacionista de desarrollo a las matemáticas en «Proofs and refutations», *British Journal for the Philosophy of Science*, 14, 1963-64, pp. 1-25, 120-39, 221-342. Los siguientes artículos y libros contienen interesantes análisis del desarrollo de la ciencia: «Theory change in science», de Norretta Koertge, en *Conceptual change*, compilado por G. Pearce y P. Maynard (Dordrecht, Reidel Pub. Co., 1973), pp. 167-98; *Between science and metaphysics*, de S. Amsterdamski (Dordrecht, Reidel Pub. Co., 1975); y «Correspondence, invariance and heuristics», de H. R. Post, en *Studies in History and Philosophy of Science*, 2, 1971, pp. 213-55.

6. LAS LIMITACIONES DEL FALSACIONISMO

I. LA DEPENDENCIA DE LA OBSERVACION DE LA TEORIA Y LA FALIBILIDAD DE LAS FALSACIONES

El falsacionista ingenuo insiste en que la actividad científica debe dedicarse a intentar falsar las teorías estableciendo la verdad de los enunciados observacionales que son incompatibles con ellas. Los falsacionistas más sofisticados se dan cuenta de la insuficiencia de esto y reconocen la importancia del papel que desempeña la confirmación de las teorías especulativas, así como la falsación de las bien establecidas. Una cosa que ambos tipos de falsacionistas poseen en común, sin embargo, es que hay una importante diferencia cualitativa en el estatus de las confirmaciones y de las falsaciones. Las teorías se pueden falsar de manera concluyente a la luz de las pruebas adecuadas, mientras que nunca se pueden establecer como verdaderas o incluso como probablemente verdaderas sean cuales fueren las pruebas. La aceptación de la teoría siempre es provisional. El rechazo de la teoría puede ser concluyente. Este es el factor que hace a los falsacionistas acreedores a su nombre.

Las afirmaciones del falsacionista se ven seriamente contradichas por el hecho de que los enunciados observacionales dependen de la teoría y son falibles. Eso se puede ver inmediatamente cuando se recuerda la cuestión lógica que invocan los falsacionistas en apoyo de su causa. Si se dan enunciados observacionales verdaderos, *entonces* es posible deducir de ellos lógicamente la falsedad de algunos enunciados universales, mientras que no es posible deducir de ellos la verdad de ningún enunciado universal. Esta no es una cuestión universal, sino una cuestión condicional basada en el supuesto de que existen enunciados observacionales completamente seguros. Pero, como se mantenía en el capítulo 3,

no lo son. Todos los enunciados observacionales son falibles. En consecuencia, si un enunciado universal o un grupo de enunciados universales que constituyen una teoría o parte de una teoría choca con algún enunciado observacional, puede ser que sea el enunciado observacional el que esté equivocado. No hay nada en la lógica de la situación que exija que siempre haya de ser la teoría la rechazada en caso de un choque con la observación. Se podría rechazar un enunciado observacional falible y conservar la teoría falible con la que choca. Esto fue precisamente lo que sucedió cuando se conservó la teoría de Copérnico y se rechazó la observación, realizada a simple vista, de que Venus no varía apreciablemente de tamaño a lo largo del año, la cual es incompatible con la teoría copernicana. También es lo que sucede cuando se conservan las modernas descripciones de la trayectoria de la luna y se considera que los enunciados observacionales referentes al hecho de que la luna es mucho mayor cuando está cerca del horizonte que cuando está en lo alto del cielo son resultado de una ilusión, incluso en el caso de que no se comprenda bien la causa de la ilusión. La ciencia está llena de ejemplos de rechazo de enunciados observacionales y conservación de las teorías con las que chocan. Por muy seguramente basado en la observación que pueda parecer que está un enunciado, no se puede excluir la posibilidad de que los nuevos adelantos teóricos revelen insuficiencias en ese enunciado. En consecuencia, no se pueden conseguir falsaciones de teorías que sean concluyentes y simples.

11. LA INADECUADA DEFENSA DE POPPER

Popper era consciente del problema analizado en la sección I ya en la época en que se publicó por primera vez la edición alemana de su libro *The logic of scientific discovery*, en 1934. En el capítulo 5 de ese libro, titulado «El problema de la base empírica», exponía una concepción de la observación y de los enunciados observacionales que tenía en cuenta el hecho de que los enunciados observacionales infalibles no se dan directamente a través de las percepciones sensoriales. En esta sección resumiré en pri-

mer lugar esta explicación y luego argüiré que no libra al falsacionista de las objeciones de la sección I.

La postura de Popper destaca la importante distinción entre los enunciados observacionales públicos, por un lado, y las experiencias perceptivas privadas de los observadores, por otro. Estas últimas vienen «dadas» de algún modo a los individuos en el acto de observar, pero no hay un paso simple que lleve de esas experiencias privadas (que dependerán de factores peculiares a cada observador, tales como sus expectativas, su conocimiento anterior, etc.) a un enunciado observacional que pretenda describir la situación observada. Un enunciado observacional, formulado en un lenguaje público, será comprobable y estará sujeto a modificaciones o rechazos. Los observadores pueden aceptar o no un determinado enunciado observacional. Su *decisión* sobre esa cuestión estará *motivada* en parte por las experiencias perceptivas pertinentes, pero ninguna experiencia perceptiva de un individuo será suficiente para establecer la validez de un enunciado observacional. Cualquier observador puede verse movido a aceptar algún enunciado observacional basándose en una percepción y, sin embargo, ese enunciado observacional puede ser falso.

Se pueden aclarar estas cuestiones mediante los siguientes ejemplos. «Las lunas de Júpiter son visibles a través del telescopio» y «Marte es cuadrado y de un intenso color» son enunciados observacionales públicos. El primero podría haber sido emitido por Galileo o un seguidor suyo y el segundo se encuentra en el cuaderno de notas de Kepler. Ambos son públicos en el sentido de que cualquiera que tenga oportunidad de hacerlo los puede examinar y criticar. La decisión de los galileanos de defender el primero estaba motivada por las experiencias perceptivas que acompañaban a sus exámenes telescópicos de Júpiter y la decisión de Kepler de escribir la segunda se basaba asimismo en sus experiencias perceptivas cuando apuntaba con el telescopio a Marte. Ambos enunciados observacionales son comprobables. Los adversarios de Galileo insistían en que las manchas que Galileo había interpretado como lunas de Júpiter eran aberraciones atribuibles al funcionamiento del telescopio. Galileo defendió su afirmación acerca de la visibi-

lidad de las lunas de Júpiter argumentando que si las lunas fueran aberraciones, también aparecerían lunas cerca de los otros planetas. El debate público continuó y, en este caso particular, cuando se perfeccionaron los telescopios y la teoría óptica, los enunciados observacionales referentes a las lunas de Júpiter sobrevivieron a todas las críticas dirigidas contra ellos. La mayor parte de los científicos decidieron aceptar finalmente el enunciado. Por el contrario, el enunciado de Kepler sobre la forma y el color de Marte no sobrevivió a las críticas y a las pruebas. Pronto se decidió rechazar el enunciado.

La esencia de la postura de Popper sobre los enunciados observacionales es que su aceptabilidad se mide por su capacidad para sobrevivir a las pruebas. Los que no superan las pruebas subsiguientes son rechazados, mientras que los que pasan todas las pruebas a las que son sometidos son conservados de modo provisional. En su primera obra al menos, Popper subraya el papel de las decisiones que hacen los individuos y los grupos de individuos para aceptar o rechazar lo que he denominado enunciados observacionales, a los que Popper se refiere como «enunciados básicos». Así, por ejemplo, escribe: «Los enunciados básicos se aceptan como resultado de una decisión o acuerdo y en esa medida son convenciones»¹; y añade:

Cualquier enunciado científico empírico puede ser presentado (describiendo disposiciones experimentales, etc.) de tal modo que cualquiera que haya aprendido la técnica necesaria pueda comprobarlo. Si, como resultado, rechaza el enunciado, no nos satisfará si nos habla de sus sentimientos de duda o de sus sentimientos de convicción con respecto a sus percepciones. Lo que debe hacer es formular una afirmación que contradiga la nuestra y darnos instrucciones para comprobarla. Si no lo hace solamente podemos pedirle que eche otra mirada, quizás más cuidadosa, a nuestro experimento y reflexione de nuevo².

El hincapié de Popper en las decisiones conscientes de los individuos introduce un elemento subjetivo que choca en

¹ K. R. Popper, *The logic of scientific discovery*, Londres, Hutchinson, 1968, p. 106.

² *Ibid.*, p. 99.

cierta medida con su posterior insistencia en la ciencia «como proceso sin sujeto». En capítulos posteriores se analizará más a fondo esta cuestión. Por ahora, prefiero reformular la postura de Popper sobre los enunciados observacionales de un modo menos subjetivo, por ejemplo: un enunciado observacional es aceptable, provisionalmente, en una determinada etapa del desarrollo de una ciencia, si es capaz de superar todas las pruebas que posibilite el desarrollo de la ciencia en cuestión en esa etapa.

De acuerdo con la postura popperiana, los enunciados observacionales que sirven de base para valorar el mérito de una teoría científica son en sí mismos falibles. Popper subraya este punto con una metáfora notable:

La base empírica de la ciencia objetiva no tiene, por consiguiente, nada de «absoluto». La ciencia no descansa en una sólida roca. La estructura audaz de sus teorías se levanta, como si dijéramos, encima de un pantano. Es como un edificio construido sobre pilotes. Los pilotes son hincados desde arriba en el pantano, pero no en una base «dada» o natural; y si no hincamos los pilotes más profundamente no es porque hayamos alcanzado suelo firme. Simplemente paramos cuando nos satisface la firmeza de los pilotes, que es suficiente para soportar la estructura, al menos por el momento³.

Pero precisamente lo que socava la postura falsacionista es el hecho de que los enunciados observacionales son falibles y de que su aceptación es sólo provisional y está sujeta a revisión. Las teorías no se pueden falsar de modo concluyente, porque los enunciados observacionales que sirven de base a la falsación pueden resultar falsos a la luz de los posteriores progresos. El conocimiento disponible en la época de Copérnico no permitía hacer una crítica válida de la observación de que los tamaños aparentes de Marte y Venus seguían siendo aproximadamente los mismos, de modo que la teoría de Copérnico, tomada de un modo literal, podría considerarse falsada por esa observación. Cien años después, la falsación podía ser revocada a causa de los nuevos progresos de la óptica.

³ *Ibid.*, p. 111.

Las falsaciones concluyentes quedan excluidas por la carencia de una base observacional perfectamente segura, de la que dependen.

III. LA COMPLEJIDAD DE LAS SITUACIONES REALES DE PRUEBA

El enunciado «Todos los cisnes son blancos» queda indudablemente falsado si se puede determinar un caso de un cisne que no sea blanco. Pero las ilustraciones simplificadas de la lógica de una falsación como ésta ocultan una seria dificultad del falsacionismo, que procede de la complejidad de cualquier situación real de prueba. Una teoría científica real constará de un conjunto de enunciados universales y no de uno sólo como «Todos los cisnes son blancos». Además, para comprobar experimentalmente una teoría, habrá que recurrir a algo más que los enunciados que constituyen la teoría sometida a prueba. Habrá que aumentar la teoría mediante supuestos auxiliares, tales como las leyes y teorías que rigen el uso de cualquiera de los instrumentos utilizados, por ejemplo. Además, para deducir una predicción cuya validez se haya de comprobar experimentalmente, será necesario añadir condiciones iniciales tales como una descripción del marco experimental. Por ejemplo, supongamos que se ha de comprobar una teoría astronómica observando la posición de algún planeta a través del telescopio. La teoría debe predecir la orientación que ha de tener el telescopio para ver el planeta en un momento determinado. Las premisas de las que se deriva la predicción incluirán los enunciados interrelacionados que constituyen la teoría sometida a prueba, las condiciones iniciales tales como las posiciones previas del planeta y del sol, supuestos auxiliares como los que permiten hacer correcciones que tengan en cuenta la refracción de la luz desde el planeta en la atmósfera de la tierra, etc. Ahora bien, si la predicción que se sigue de este montón de premisas resulta falsa (en nuestro ejemplo, si el planeta no aparece en el lugar predicho), entonces todo lo que la lógica de la situación nos permite concluir es que al menos una de las premisas debe ser falsa. No nos permite identificar la premisa que falla. Puede ser

que lo que falle sea la teoría sometida a prueba, pero también puede ser que el responsable de la predicción incorrecta sea algún supuesto auxiliar o alguna parte de la descripción de las condiciones iniciales. No se puede falsar de manera concluyente una teoría porque no se puede excluir la posibilidad de que la responsable de una predicción errónea sea alguna parte de la compleja situación de comprobación, y no la teoría sometida a prueba.

A continuación exponemos algunos ejemplos tomados de la historia de la astronomía que aclaran la cuestión.

En un ejemplo utilizado con anterioridad, vimos cómo la órbita del planeta Urano refutó, en apariencia, la teoría de Newton. En este caso, resultó que no era la teoría la que fallaba, sino la descripción de las condiciones iniciales, que no incluía ninguna consideración del planeta Neptuno todavía por descubrir. Un segundo ejemplo lo constituye el argumento mediante el que el astrónomo danés Tycho Brahe afirmaba haber refutado la teoría copernicana unas décadas después de que se publicara por primera vez dicha teoría. Brahe argumentaba que si la Tierra gira alrededor del sol, la dirección en la que se observa una estrella fija desde la Tierra debe variar a lo largo del año, a medida que la tierra se mueve de un lado a otro del sol. Pero cuando Brahe intentó detectar esta paralaje predicha con sus instrumentos, que eran los más precisos y sensibles que existían en su época, no lo consiguió. Este hecho llevó a que Brahe concluyera que la teoría copernicana era falsa. Con una mirada retrospectiva se puede apreciar que la responsable de la predicción fallida no era la teoría copernicana, sino uno de los supuestos auxiliares de Brahe. La estimación que Brahe hacía de la distancia de las estrellas fijas era demasiado pequeña. Si se reemplaza su estimación por otra más real la paralaje predicha resulta demasiado pequeña para ser detectada con los instrumentos de Brahe.

El tercer ejemplo es hipotético e inventado por Imre Lakatos. Dice así:

La historia trata de un caso imaginario de mal comportamiento planetario. Un físico de la era preeinsteiniiana toma la mecánica newtoniana y su ley de la gravitación, N , las condiciones iniciales

aceptadas, I, y calcula, con su ayuda, la trayectoria de un pequeño planeta recientemente descubierto, *p*. Pero el planeta se desvía de la trayectoria calculada. ¿Considera nuestro físico newtoniano que la teoría de Newton hace imposible tal desviación y por lo tanto que, una vez establecida, refuta la teoría *N*? No; sugiere que debe haber un planeta hasta ahora desconocido, *p'*, que perturba la trayectoria de *p*. Calcula la masa, la órbita, etc., de este planeta hipotético y luego le pide a un astrónomo experimental que compruebe su hipótesis. El planeta *p'* es tan pequeño que posiblemente ni los mayores telescopios disponibles lo pueden observar: el astrónomo experimental solicita una beca de investigación para construir uno mayor. A los tres años está listo el nuevo telescopio. Si se descubriera el planeta desconocido *p'*, se le saludaría como una nueva victoria de la ciencia newtoniana. Pero no es así. ¿Abandona nuestro científico la teoría de Newton y su idea del planeta perturbador? No. Sugiere que una nube de polvo cósmico nos oculta el planeta. Calcula la situación y las propiedades de esta nube y pide una beca de investigación para enviar un satélite que compruebe sus cálculos. Si los instrumentos del satélite (que posiblemente son nuevos, y se basan en una teoría poco comprobada) registraran la existencia de la hipotética nube, el resultado sería saludado como una sobresaliente victoria de la ciencia newtoniana. Pero no se encuentra la nube. ¿Abandona nuestro científico la teoría newtoniana junto con la idea del planeta perturbador y la idea de la nube que lo oculta? No. Sugiere que en esa región del universo hay un campo magnético que perturba los instrumentos del satélite. Se envía un nuevo satélite. Si se encontrara el campo magnético, los newtonianos celebrarían una victoria sensacional. Pero no es así. ¿Se considera esto una refutación de la ciencia newtoniana? No. O se propone otra ingeniosa hipótesis auxiliar o... se entierra toda la historia en los volúmenes de las revistas y nunca más se la menciona de nuevo⁴.

Si se considera que esta historia es plausible, muestra cómo siempre se puede proteger una teoría de la falsación desviando la falsación hacia otra parte de la compleja red de supuestos.

⁴ I. Lakatos, «Falsification and the methodology of scientific research programmes», en *Criticism and the growth of knowledge*, compilado por I. Lakatos y A. Musgrave (Cambridge, Cambridge University Press, 1974), pp. 100-101.

IV. SOBRE LA BASE DE LOS ARGUMENTOS HISTÓRICOS, EL FALSACIONISMO ES INSUFICIENTE

Para los falsacionistas un hecho histórico embarazoso es que si los científicos se hubieran atendido estrictamente a su metodología, aquellas teorías que se consideran por lo general como los mejores ejemplos de teorías científicas nunca habrían sido desarrolladas, porque habrían sido rechazadas en su infancia. Dado cualquier ejemplo de una teoría científica clásica, ya sea en el momento de su primera formulación o en una fecha posterior, es posible encontrar afirmaciones observacionales que fueron generalmente aceptadas en esa época y que se consideraron incompatibles con la teoría. No obstante, estas teorías no fueron rechazadas y esto fue una suerte para la ciencia. A continuación ofreceré algunos ejemplos históricos que apoyan mi afirmación.

En los primeros años de su vida, la teoría gravitatoria de Newton fue falsada por las observaciones de la órbita lunar. Llevó casi cincuenta años desviar esta falsación hacia causas distintas de la teoría newtoniana. Al final de su vida, se sabía que la misma teoría era incompatible con los detalles de la órbita del planeta Mercurio, si bien los científicos no abandonaron la teoría por esta razón. Resultó que nunca fue posible explicar esta falsación de tal manera que la teoría de Newton quedara protegida.

Lakatos⁵ proporciona un segundo ejemplo referente a la teoría del átomo de Bohr. Las primeras versiones de la teoría eran incompatibles con la observación de que algunas materias son estables durante un tiempo que excede los 10^{-9} segundos. Según la teoría, los electrones negativamente cargados giran alrededor del núcleo positivamente cargado dentro de los átomos. Pero, según la teoría electromagnética clásica que suponía la teoría de Bohr, los electrones que giran deberían emitir radiación. Esta radiación haría que el electrón que gira perdiera energía y chocara con el núcleo. Los detalles cuantitativos del electromagnetismo clásico estiman que el tiempo para que se produzca este choque

⁵ *Ibid.*, pp. 140-54.

es de unos 10^{-6} segundos. Afortunadamente, Bohr siguió manteniendo su teoría a pesar de esta falsación.

Un tercer ejemplo se refiere a la teoría cinética y tiene la ventaja de que el creador de esa teoría reconoció explícitamente su falsación en sus comienzos. Cuando Maxwell publicó los primeros detalles de la teoría cinética de los gases en 1859, en ese mismo artículo reconoció que las mediciones realizadas en el calor específico de los gases falsaban la teoría⁶. Dieciocho años después, al comentar las consecuencias de la teoría cinética escribió:

Sin duda algunas de ellas son muy satisfactorias para nosotros en el estado actual de la opinión sobre la constitución de los cuerpos, pero hay otras que es muy probable que nos hagan perder nuestra complacencia y quizás en último término nos hagan abandonar las hipótesis en las que hemos encontrado refugio hasta ahora contra esa ignorancia profundamente consciente que constituye el preludio de todo auténtico avance en el conocimiento⁷.

Todos los progresos importantes de la teoría cinética tuvieron lugar después de esta falsación. De nuevo, es una suerte que no se abandonara la teoría a la vista de las falsaciones por las mediciones del calor específico de los gases, cosa en la que se habría visto obligado a insistir el falsacionista ingenuo.

En la sección siguiente se esbozará con más detalle un cuarto ejemplo, el de la revolución copernicana. Este ejemplo pondrá de manifiesto las dificultades que se le presentan al falsacionista cuando se toma en cuenta la complejidad de los cambios teóricos importantes. El ejemplo preparará también el terreno para analizar algunos intentos más recientes y más adecuados de describir la esencia de la ciencia y sus métodos.

⁶ J. C. Maxwell, «Illustrations of the dynamical theory of gases», leído ante la British Association en 1859 y recogido en *The scientific papers of James Clerk Maxwell*, 2 vols., compilados por W. D. Niven (Nueva York, Dover, 1965), vol. I, pp. 377-409. Véase especialmente el párrafo final del artículo.

⁷ J. C. Maxwell, «The kinetic theory of gases», *Nature*, 16, 1877, páginas 245-46.

V. LA REVOLUCIÓN COPERNICANA

En la Europa medieval se aceptaba por lo general que la tierra se encontraba en el centro de un universo finito y que el sol, los planetas y las estrellas giraban alrededor de ella. La física y la cosmología que proporcionaban el marco conceptual en el que se asentaba la astronomía eran básicamente las desarrolladas por Aristóteles en el siglo IV a. C. En el siglo II de nuestra era, Tolomeo ideó un sistema astronómico detallado que especificaba las órbitas de la luna, el sol y todos los planetas.

En las primeras décadas del siglo XVI, Copérnico ideó una nueva astronomía, una astronomía que, al implicar una tierra que se movía, cuestionaba el sistema tolemaico y aristotélico. Según la tesis copernicana, la tierra no está inmóvil en el centro del universo sino que gira alrededor del sol junto con los planetas. En la época en que se comprobó la idea de Copérnico, la visión del mundo aristotélica había sido reemplazada por la newtoniana. Los detalles de la historia de este importante cambio teórico, cambio que duró un siglo y medio aproximadamente, no apoyan las metodologías por las que abogan inductivistas y falsacionistas e indican que se necesita una concepción de la ciencia y de su desarrollo diferente y estructurada de un modo más complejo.

Cuando Copérnico publicó por primera vez los detalles de su nueva astronomía, en 1543, había muchos argumentos que se podían esgrimir, y se esgrimieron, en contra de ella. Con respecto al conocimiento científico de la época, esos argumentos eran sólidos y Copérnico no podía defender de modo satisfactorio su teoría frente a ellos. Para apreciar esta situación es necesario estar familiarizado con algunos aspectos de la visión aristotélica del mundo en la que se basaban los argumentos en contra de Copérnico. A continuación presentamos un breve resumen de algunas de las cuestiones pertinentes.

El universo aristotélico se dividía en dos regiones distintas. La región sublunar era la región interior, que se extendía desde el centro de la tierra justo hasta el interior

de la órbita lunar. La región supralunar estaba constituida por el resto del universo finito, que se extendía desde la órbita lunar hasta la esfera de las estrellas, que marcaba el límite externo del universo. Más allá de la esfera exterior no existía nada, ni siquiera el espacio. En el sistema aristotélico el espacio vacío es imposible. Todos los objetos celestes de la región supralunar estaban hechos de un elemento incorruptible denominado éter. El éter poseía una propensión natural a moverse alrededor del centro del universo en círculos perfectos. En la astronomía tolemaica se modificó y amplió esta idea básica. Como las observaciones de las posiciones planetarias en diversos momentos no se podían reconciliar con las órbitas circulares con su centro en la tierra, Tolomeo introdujo en el sistema círculos adicionales, denominados epiciclos. Los planetas se movían en círculos o epiciclos, cuyos centros se movían en círculos alrededor de la tierra. Las órbitas podían ser afinadas añadiendo epiciclos a los epiciclos, etc., de manera que el sistema resultante fuera compatible con las observaciones de las posiciones planetarias y capaz de predecir las posiciones planetarias futuras.

En contraposición con el carácter ordenado, regular e incorruptible de la región supralunar, la región sublunar estaba caracterizada por el cambio, el crecimiento y la decadencia, la generación y la corrupción. Todas las sustancias de la región sublunar eran mezclas de cuatro elementos, aire, tierra, fuego y agua, y las proporciones relativas de los elementos en una mezcla determinaban las propiedades de la sustancia así constituida. Cada elemento tenía su lugar natural en el universo. El lugar natural de la tierra era el centro del universo; el del agua, la superficie de la tierra; el del aire, la región que hay inmediatamente encima de la superficie de la tierra; y el del fuego, en la parte superior de la atmósfera, cerca de la órbita lunar. En consecuencia, cada objeto terrestre tendría un lugar natural en la región sublunar según la proporción relativa de los cuatro elementos que contuviera. Las piedras, por ser en su mayor parte tierra, tienen un lugar natural cercano al centro de la tierra, mientras que las llamas, por ser en su mayor parte fuego, tienen un lugar natural cercano a la órbita lunar, etc. Todos

los objetos tienden a moverse en línea recta, hacia arriba o hacia abajo, hacia su lugar natural. Así pues, las piedras tienen un movimiento natural en línea recta hacia abajo, hacia el centro de la tierra, y las llamas tienen un movimiento en línea recta hacia arriba, lejos del centro de la tierra. Todos los movimientos que no son naturales necesitan una causa. Por ejemplo, las flechas necesitan ser impulsadas por un arco y los carros necesitan ser tirados por caballos.

Así pues, estos son los principios de la cosmología y la mecánica aristotélicas que los contemporáneos de Copérnico presuponían y que se utilizaron para argumentar en contra de una tierra móvil. Examinemos algunos de los contundentes argumentos en contra del sistema copernicano.

Seguramente el argumento que constituyó la más seria amenaza para Copérnico fue el denominado argumento de la torre. Dice así. Si la tierra girara sobre su eje, como mantenía Copérnico, cualquier punto de la superficie de la tierra recorrería una distancia considerable en un segundo. Si se arrojara una piedra desde lo alto de una torre erigida en la tierra móvil, efectuaría su movimiento natural y caería hacia el centro de la tierra. Mientras sucediera esto, la torre compartiría el movimiento de la tierra, debido a su revolución. En consecuencia, en el momento en que la piedra llegara a la superficie de la tierra, la torre se habría desplazado de la posición que ocupaba al comienzo de la caída de la piedra, la cual, por lo tanto, chocaría con el suelo a cierta distancia de la base de la torre. Pero esto no sucede en la práctica. La piedra choca con el suelo en la base de la torre. De lo que se desprende que la tierra no puede estar girando y que la teoría copernicana es falsa.

Otro argumento mecánico en contra de Copérnico se refiere a objetos sueltos tales como piedras, filósofos, etc., que están sobre la superficie de la tierra. Si la tierra gira, ¿por qué esos objetos no salen despedidos de la superficie de la tierra, al igual que las piedras salen despedidas del aro de una rueda giratoria? Y si la tierra, al tiempo que gira, se mueve alrededor del sol, ¿por qué no deja atrás a la luna?

Algunos argumentos en contra de Copérnico basados en

consideraciones astronómicas han sido mencionados anteriormente en este libro. Implican la ausencia de paralaje en las posiciones observadas de las estrellas y en el hecho de que ni Marte ni Venus cambian a simple vista de tamaño de modo apreciable en el transcurso del año.

Debido a los argumentos que he mencionado y a otros semejantes, los partidarios de la teoría copernicana se enfrentaron a serias dificultades. El propio Copérnico estaba muy inmerso en la metafísica aristotélica y no tenía respuestas adecuadas.

En vista de la fuerza de la argumentación en contra de Copérnico, cabría preguntarse exactamente qué se dijo en favor de la teoría copernicana en 1543. La respuesta es: «no mucho». El principal atractivo de la teoría copernicana residía en la ingeniosa manera en que explicaba una serie de rasgos del movimiento planetario que en la teoría rival tolemaica sólo se podían explicar de un modo artificial y poco atractivo. Los rasgos son el movimiento retrógrado de los planetas y el hecho de que, a diferencia de los demás planetas, Mercurio y Venus siempre permanecen cerca del sol. A intervalos regulares, los planetas retrogradan, esto es, cesan en su movimiento hacia el oeste entre las estrellas (tal y como se ve desde la tierra) y durante un breve período desandan su camino hacia el este antes de continuar su camino de nuevo hacia el oeste. En el sistema tolemaico, el movimiento retrógrado se explicaba mediante la maniobra un tanto *ad hoc* de añadir epiciclos especialmente ideados con este propósito. En el sistema copernicano no se necesita tal movimiento artificial. El movimiento retrógrado es una consecuencia natural del hecho de que la tierra y los planetas giran alrededor del sol contra el fondo de las estrellas fijas. Observaciones similares se aplican al problema de la proximidad constante del sol, Mercurio y Venus. Este hecho es una consecuencia natural del sistema copernicano una vez que se establece que las órbitas de Mercurio y Venus son internas a la de la tierra. En el sistema tolemaico, las órbitas del sol, Mercurio y Venus se han de unir artificialmente para lograr el resultado requerido.

Así pues, había algunas características matemáticas de la teoría copernicana que estaban a su favor. Aparte de eso,

los dos sistemas rivales estaban más o menos a la par, lo que se refiere a simplicidad y concordancia con las observaciones de las posiciones planetarias. Las órbitas circulares centradas en el sol no se pueden reconciliar con la observación, de modo que Copérnico, al igual que Tolomeo, necesitaba añadir epiciclos y el número total de epiciclos necesarios para obtener las órbitas según las observaciones conocidas era aproximadamente el mismo en los dos sistemas. En 1543, los argumentos basados en la simplicidad matemática que se aducían en favor de Copérnico no podían ser considerados como contrapeso adecuado a los argumentos mecánicos y astronómicos que se esgrimían en contra de él. No obstante, un cierto número de filósofos de la naturaleza matemáticamente capaces se sintieron atraídos por el sistema copernicano y sus esfuerzos por defenderlo tuvieron cada vez más éxito en los siguientes cien años.

La persona que contribuyó de manera más significativa a la defensa del sistema copernicano fue Galileo. Y lo hizo de dos maneras. En primer lugar, utilizó un telescopio para observar los cielos y con ello transformó los datos observacionales que la teoría copernicana debía explicar⁸. En segundo lugar, sentó las bases de una nueva mecánica que iba a reemplazar a la mecánica aristotélica y con referencia a la cual se iban a refutar los argumentos mecánicos en contra de Copérnico.

Cuando Galileo construyó sus primeros telescopios en 1609 y los enfocó hacia el cielo, hizo unos descubrimientos espectaculares. Vio que había muchas estrellas que eran invisibles a simple vista. Vio que Júpiter tenía lunas y que la superficie de la luna de la tierra estaba cubierta de montañas y cráteres. También observó que el tamaño aparente de Marte y Venus, tal y como se veía a través del telescopio, cambiaba tal como predecía el sistema copernicano. Más tarde, Galileo confirmaría que Venus tenía fases como la

⁸ Mis observaciones sobre Galileo y el telescopio y otros diversos aspectos de mi valoración de la física de Galileo proceden de la provocativa explicación que ofrece Feferabend en *Against method: outline of an anarchistic theory of knowledge*, Londres, New Left Books, 1975, pp. 69-164.

luna, cosa que Copérnico había predicho pero que entraba en conflicto con el sistema tolemaico. Las lunas de Júpiter refutaron el argumento aristotélico en contra de Copérnico que se basaba en el hecho de que la luna permanece quieta con una tierra supuestamente móvil, ya que entonces los aristotélicos se enfrentaron con el mismo problema con respecto a Júpiter y sus lunas. La superficie de tipo terrestre de la luna eliminaba la distinción aristotélica entre los cielos perfectos, incorruptibles, y la tierra cambiante, corruptible. El descubrimiento de las fases de Venus supuso un éxito para los copernicanos y un nuevo problema para los tolemaicos. Es innegable que una vez que se aceptan las observaciones realizadas por Galileo a través de su telescopio, disminuyen las dificultades con que se enfrenta la teoría copernicana.

Las observaciones precedentes sobre Galileo y el telescopio plantean un serio problema epistemológico. ¿Por qué preferir las observaciones a través del telescopio a las observaciones a simple vista? Una respuesta a esta cuestión podría utilizar una teoría óptica del telescopio que explique sus propiedades de aumento y que también tenga en cuenta las diversas aberraciones a que se puede esperar que estén sujetas las imágenes telescópicas. Pero ni siquiera el propio Galileo utilizó una teoría óptica con ese propósito. La primera teoría óptica capaz de proporcionar apoyo en este sentido fue formulada por el contemporáneo de Galileo, Kepler, a principios del siglo XVI, y esta teoría fue perfeccionada y aumentada en las décadas posteriores. Una segunda manera de encarar la cuestión de la superioridad de las observaciones telescópicas sobre las realizadas a simple vista es demostrar la efectividad del telescopio de un modo práctico, enfocándolo hacia barcos, torres, etc., distantes, y demostrar cómo el instrumento agranda y hace los objetos más fácilmente visibles. Sin embargo, existe una dificultad en este tipo de justificación del uso del telescopio en astronomía. Cuando se ven a través del telescopio los objetos terrestres, es posible separar el objeto visto de las aberraciones producidas por el telescopio debido a la familiaridad del observador con el aspecto que tiene una torre, un barco, etc. Esto no sucede cuando el observador

escudriña los cielos sin saber qué busca. En este sentido, es significativo que el dibujo que hizo Galileo de la superficie lunar tal y como la vio a través de un telescopio contenga algunos cráteres que de hecho no existen. Probablemente, esos «cráteres» eran aberraciones resultantes del funcionamiento de los telescopios galileanos, que distaban mucho de ser perfectos. En este párrafo se ha dicho lo suficiente para señalar que la justificación de las observaciones telescópicas no era una cuestión simple y sencilla. Los adversarios de Galileo que cuestionaban sus descubrimientos no eran todos reaccionarios testarudos y estúpidos. Las justificaciones estaban por venir y fueron cada vez más adecuadas a medida que se construían telescopios cada vez mejores y que se desarrollaban las teorías ópticas acerca de su funcionamiento. Pero todo esto llevó tiempo.

La mayor contribución de Galileo a la ciencia fue su obra sobre mecánica. Sentó algunas de las bases de la mecánica newtoniana que habría de reemplazar a la aristotélica. Distinguió claramente entre velocidad y aceleración, y afirmó que los objetos que caen libremente se mueven con una aceleración constante que es independiente de su peso, descendiendo una distancia proporcional al cuadrado del tiempo de la caída. Negó la afirmación aristotélica de que todo movimiento requiere una causa y en su lugar propuso una ley circular de inercia, según la cual un objeto que se mueve y que no está sujeto a ninguna fuerza se moverá indefinidamente formando un círculo alrededor de la tierra y a velocidad uniforme. Analizó el movimiento de los proyectiles resolviendo el movimiento de un proyectil en un componente horizontal que se mueve a velocidad constante y obedece su ley de inercia y en un componente vertical sujeto a la aceleración constante hacia abajo. Mostró que la trayectoria resultante de un proyectil era una parábola. Desarrolló el concepto de movimiento relativo y mantuvo que no se podía detectar el movimiento uniforme de un sistema por medios mecánicos si no se disponía de algún punto de referencia externo al sistema.

Galileo no realizó estos importantes avances de modo instantáneo. Surgieron poco a poco en un período de medio

siglo, culminando en su libro *Dos nuevas ciencias*^{*}, que se publicó por primera vez en el año 1638, casi un siglo después de la publicación de la principal obra de Copérnico. Galileo hizo sus nuevas concepciones significativas y cada vez más precisas mediante ilustraciones y experimentos mentales. En ocasiones, Galileo describió experimentos reales, como por ejemplo los que suponen el deslizamiento de esferas por planos inclinados, aunque es cuestión debatida cuántos de estos experimentos efectuó Galileo en realidad.

La nueva mecánica de Galileo permitió que el sistema copernicano se defendiera de algunas de las objeciones que se han mencionado anteriormente. Un objeto sostenido en lo alto de una torre y que comparte con la torre un movimiento circular alrededor del centro de la tierra continuará realizando ese movimiento, junto con la torre, después de que sea arrojado y, en consecuencia, chocará con el suelo al pie de la torre, de acuerdo con la experiencia. Galileo llevó el argumento más lejos y afirmó que se podía demostrar la corrección de su ley de inercia arrojando una piedra desde lo alto del mástil de un barco que se mueve uniformemente y observando que choca con la cubierta al pie del mástil, aunque Galileo no pretendió haber efectuado el experimento. Galileo tuvo menos éxito a la hora de explicar por qué los objetos sueltos no salen despedidos de la superficie de una tierra que gira. Retrospectivamente, este hecho se puede atribuir a las insuficiencias de su principio de inercia y a la falta de una clara concepción de la gravedad como fuerza.

Aunque el grueso de la obra científica de Galileo estaba concebido para reforzar la teoría copernicana, el propio Galileo no formuló una astronomía detallada y pareció seguir a los aristotélicos en su preferencia por las órbitas circulares. Fue un contemporáneo de Galileo, Kepler, quien realizó un importante avance en esta dirección cuando descubrió que se podía representar cualquier órbita planetaria mediante una sola elipse con el sol en uno de sus focos. Esto eliminaba el complejo sistema de epiciclos que tanto

* Galileo Galilei, *Two new sciences*, trad. de Stillman Drake, Madison, University of Wisconsin Press, 1974.

Copérnico como Tolomeo habían considerado necesario. No es posible una simplificación similar en el sistema tolemaico centrado en la tierra. Kepler tenía a su disposición las anotaciones de las posiciones planetarias de Tycho Brahe, que eran más precisas que aquéllas de las que disponía Copérnico. Después de un concienzudo análisis de los datos, Kepler llegó a sus tres leyes del movimiento planetario: que los planetas se mueven en órbitas elípticas alrededor del sol, que una línea que une a un planeta con el sol recorre espacios iguales en tiempos iguales y que el cuadrado del período de un planeta es proporcional al cubo de su distancia media al sol.

Ciertamente, Galileo y Kepler dieron argumentos decisivos en favor de la teoría copernicana. Sin embargo, fueron necesarios avances posteriores antes de que la teoría pudiera basarse de un modo firme en una física general. Newton pudo sacar partido de la obra de Galileo, Kepler y otros para construir esa física general que expuso en sus *Principia* de 1687. Elaboró una clara concepción de la fuerza como la causa de la aceleración en vez del movimiento, concepción que ya estaba presente, de manera algo confusa, en los escritos de Galileo y Kepler. Newton reemplazó la ley de la inercia circular de Galileo por su propia ley de la inercia lineal, según la cual los cuerpos continúan moviéndose en línea recta a velocidad uniforme a menos que alguna fuerza actúe sobre ellos. Otra importante contribución de Newton fue por supuesto su ley de la gravitación, la cual le permitió demostrar la corrección a grandes rasgos de las leyes del movimiento planetario de Kepler y de la ley de la caída libre de Galileo. En el sistema newtoniano se unifican los reinos de los cuerpos celestes y de los cuerpos terrestres y cada conjunto de cuerpos se mueve bajo el influjo de fuerzas que siguen las leyes newtonianas del movimiento. Una vez constituida la física newtoniana, fue posible aplicarla con detalle a la astronomía. Por ejemplo, fue posible investigar los detalles de la órbita lunar teniendo en cuenta su tamaño finito, la revolución de la tierra, la oscilación de la tierra sobre su eje, etc. También fue posible investigar el hecho de que los planetas se desviaran de las leyes keplerianas debido a la masa finita del sol, a las fuerzas

interplanetarias, etc. El desarrollo de estas cuestiones habría de ocupar a algunos de los sucesores de Newton durante los dos siglos siguientes.

La historia que he esbozado aquí debería bastar para indicar que la revolución copernicana no surgió de una vez por todas en la torre inclinada de Pisa. También resulta evidente que ni inductivistas ni falsacionistas proporcionan una concepción de la ciencia que sea compatible con esa historia. Los nuevos conceptos de fuerza y de inercia no surgieron como resultado de una observación y una experimentación cuidadosas. Tampoco surgieron de la falsación de conjeturas audaces y del continuo reemplazo de una conjetura aullaz por otra. Las primeras formulaciones de la nueva teoría, que implicaban nuevas concepciones imperfectamente formuladas, no se abandonaron y se desarrollaron a pesar de las aparentes falsaciones. Solamente después de que se elaborara un nuevo sistema de física, proceso que supuso el trabajo intelectual de muchos científicos durante varios siglos, se pudo enfrentar con éxito la nueva teoría a los resultados de la observación y la experimentación de manera detallada. No se puede pensar que una concepción de la ciencia es mínimamente correcta a menos que pueda reconciliar estos factores.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

La crítica de Lakatos de todo menos de los aspectos más sofisticados del falsacionismo se encuentra en su artículo «Falsacionism and the methodology of scientific research programmes», en *Criticism and the growth of knowledge*, compilado por I. Lakatos y A. Musgrave (Cambridge, Cambridge University Press, 1974), pp. 91-196. Otras críticas clásicas se encuentran en la obra de P. Duhem, *The aim and structure of physical theory* (Nueva York, Athenum, 1962) y en el artículo de W. V. O. Quine «Two dogmas of empiricism», en su obra *From a logical point of view* (Nueva York, Harper & Row, 1961), pp. 20-46. Las explicaciones históricas de la revolución copernicana que plantean dificultades a los falsacionistas se encuentran en *The Copernican revolution*, de T. S. Kuhn (Nueva York, Random House, 1959), *Metaphysics and measurement*, de A. Koyré (Londres, Chapman &

Hall, 1968) y *Against method: outline of an anarchistic theory of knowledge*, de P. K. Feyerabend (Londres, New Left Books, 1975). El artículo de Lakatos «Popper on demarcation and induction» en *The philosophy of Karl R. Popper*, compilado por P. A. Schilpp (La Salle, Illinois, Open Court, 1974) critica la pretensión falsacionista de haber resuelto el problema de la inducción. Kuhn critica el falsacionismo en *The structure of scientific revolutions* (Chicago, Chicago University Press, 1970) y en «Logic of discovery or psychology of research?», en *Criticism and the growth of knowledge*, compilado por Lakatos y Musgrave, pp. 1-23.

7. LAS TEORIAS COMO ESTRUCTURAS: 1. LOS PROGRAMAS DE INVESTIGACION

I. HAY QUE CONSIDERAR LAS TEORIAS COMO TOTALIDADES ESTRUCTURALES

El esbozo de la teoría copernicana presentado en el capítulo anterior sugería que las concepciones inductivistas y falsacionistas de la ciencia son muy poco sistemáticas. Al concentrarse en las relaciones entre teorías y enunciados observacionales individuales o conjuntos de éstos, no tienen en cuenta la complejidad de las principales teorías científicas. Ni el hincapié del inductivista ingenuo en la necesidad de derivar inductivamente las teorías de la observación ni el esquema falsacionista de conjeturas y falsaciones son capaces de describir adecuadamente la génesis y el desarrollo de teorías realmente complejas. Para dar una idea más adecuada hay que considerar las teorías como totalidades estructuradas de algún tipo.

Una razón por la que es necesario considerar las teorías como estructuras procede de un estudio de la historia de la ciencia. El estudio histórico revela que la evolución y el progreso de las principales ciencias muestran una estructura que no captan ni la concepción inductivista ni la falsacionista. El desarrollo programático de la teoría copernicana a lo largo de más de un siglo nos proporciona un ejemplo. Más adelante, en este mismo capítulo, veremos otros. Sin embargo, el argumento histórico no es la única base para afirmar que las teorías son totalidades estructurales de algún tipo. Hay otro argumento filosófico más general que está íntimamente vinculado al hecho de que la observación depende de la teoría. En el capítulo 3 se subrayó que los enunciados observacionales se deben formular en el lenguaje de alguna teoría. En consecuencia, los enunciados, y

los conceptos que figuran en ellos, serán tan precisos e informativos como precisa e informativa sea la teoría en cuyo lenguaje se construyen. Por ejemplo, pienso que se estará de acuerdo en que el concepto newtoniano de masa tiene un significado más preciso que el concepto de democracia. Sugiero que la razón del significado relativamente preciso del primero se deba al hecho de que el concepto desempeña un determinado papel, bien definido, en una teoría estructurada y precisa: la mecánica newtoniana. Por el contrario, las teorías en las que aparece el concepto de «democracia» son notoriamente vagas y múltiples. Si esta estrecha conexión que acabo de sugerir entre la precisión del significado de un término o enunciado y el papel desempeñado por ese término o enunciado en una teoría es válida, de ello se desprende directamente la necesidad de teorías coherentemente estructuradas.

Que el significado de los conceptos depende de la estructura de la teoría en la que aparecen y que la precisión de aquéllos depende de la precisión y el grado de coherencia de ésta es algo que puede resultar más plausible observando las limitaciones de algunas maneras alternativas en las que se puede considerar que un concepto adquiere significado. Una de estas alternativas es la tesis de que los conceptos adquieren su significado mediante una *definición*. Hay que rechazar las definiciones como procedimiento fundamental para establecer significados. Los conceptos sólo se pueden definir en función de otros conceptos cuyos significados están ya dados. Si los significados de estos últimos conceptos son también establecidos por definición, es evidente que se producirá una regresión infinita a menos que se conozcan por otros medios los significados de algunos términos. Un diccionario es inútil a menos que ya se sepan los significados de muchas palabras. Newton no pudo *definir* la masa o la fuerza en términos de conceptos prenewtonianos. Tuvo que superar los términos del viejo sistema conceptual desarrollando uno nuevo. Una segunda alternativa es la sugerencia de que el significado de los conceptos se establece a través de la observación, mediante la *definición ostensible*. Ya se ha analizado en las páginas 48-9, en conexión con el concepto de «rojo», una dificultad fundamental

que conlleva esta sugerencia. No se llegará al concepto de «masa» a través de la sola observación, por mucho que se escudriñen bolas de billar que colisionan, pesos en resortes, planetas que giran, etc., ni será posible enseñar a los demás el significado de masa señalando simplemente esos acontecimientos. No deja de tener interés recordar ahora que si intentamos enseñar a un perro mediante una definición ostensible, el perro responderá invariablemente husmeando nuestro dedo.

La afirmación de que los conceptos sacan su significado, al menos en parte, del papel que desempeñan en una teoría se ve apoyada por las siguientes reflexiones históricas.

En contra del mito popular, parece que Galileo efectuó muy pocos experimentos en mecánica. Muchos de esos «experimentos» a los que se refiere cuando articula su teoría son experimentos mentales. Este hecho resulta paradójico para aquellos empiristas que piensan que las nuevas teorías se derivan de alguna manera de los hechos, pero resulta plenamente comprensible cuando se cae en la cuenta de que sólo se puede llevar a cabo una experimentación precisa si se tiene una teoría precisa susceptible de proporcionar predicciones en la forma de enunciados observacionales precisos. Galileo estaba efectuando una importante contribución a la construcción de una nueva mecánica que iba a resultar capaz de soportar una experimentación detallada en una etapa posterior. No es de extrañar que sus esfuerzos implicaran experimentos mentales, analogías y metáforas ilustrativas en vez de una detallada experimentación. Creo que la típica historia de un concepto, ya sea «elemento químico», «átomo», «inconsciente», o cualquier otro, conlleva el surgimiento inicial del concepto como idea vaga, seguido de su aclaración gradual a medida que la teoría en la que desempeña un papel toma una forma más coherente y precisa. El surgimiento del concepto de campo eléctrico proporciona un ejemplo especialmente notable, aunque algo técnico. Cuando Faraday introdujo por primera vez el concepto en la cuarta década del siglo XIX, éste era muy vago y se articuló con la ayuda de analogías mecánicas y un uso metafórico de términos tales como «tensión», «potencia» y «fuerza». El concepto de campo se fue definiendo cada vez

mejor a medida que se especificaban de modo más claro las relaciones entre el campo eléctrico y otras cantidades electromagnéticas. Una vez que Maxwell hubo introducido su corriente de desplazamiento, fue posible dar mayor coherencia a la teoría en la forma de las ecuaciones de Maxwell, que establecían claramente la interrelación existente entre todas las cantidades del campo electromagnético. Fue en esta etapa cuando el significado de «campo eléctrico» en la teoría electromagnética clásica alcanzó un alto grado de claridad y precisión. También fue en esta etapa cuando se concedió independencia propia a los campos y se prescindió del éter, que había sido considerado necesario para proporcionar una base mecánica a los campos.

Hasta ahora hemos mencionado dos razones por las cuales hay que considerar a las teorías como estructuras organizadas de algún tipo: el hecho de que el estudio histórico muestra que las teorías poseen esa característica y el hecho de que los conceptos solamente adquieren un significado preciso mediante una teoría coherentemente estructurada. Una tercera razón surge de la necesidad de desarrollo por parte de la ciencia. Es evidente que la ciencia avanzará de modo más eficaz si las teorías están estructuradas de manera que contengan en ellas prescripciones e indicaciones muy claras con respecto a cómo se deben desarrollar y ampliar. Deben ser estructuras sin límites que ofrezcan un programa de investigación. La mecánica de Newton proporcionó un programa de esta clase a los físicos de los siglos XVIII y XIX, un programa para explicar todo el mundo físico en términos de sistemas mecánicos que conllevan diversas fuerzas y están regidos por las leyes newtonianas del movimiento. Se podría comparar este programa coherente con la sociología moderna, gran parte de la cual se ocupa lo suficiente de datos empíricos como para satisfacer los criterios falsacionistas, cuando no inductivistas, de buena ciencia y que, no obstante, no consigue emular el éxito de la física. Siguiendo a Lakatos, creo que la diferencia crucial reside en la coherencia relativa de las dos teorías. Las modernas teorías sociológicas no ofrecen un programa coherente que guíe la futura investigación.

II. LOS PROGRAMAS DE INVESTIGACION DE LAKATOS

El resto de este capítulo estará dedicado a resumir un notable intento de analizar las teorías como estructuras organizadas: el de Imre Lakatos en «Methodology of scientific research programmes»¹. Lakatos desarrolló su idea de la ciencia en un intento por mejorar el falsacionismo popperiano y por superar las objeciones hechas a éste.

Un programa de investigación lakatosiano es una estructura que sirve de guía a la futura investigación tanto de modo positivo como de modo negativo. La *heurística negativa* de un programa conlleva la estipulación de que no se pueden rechazar ni modificar los supuestos básicos subyacentes al programa, su *núcleo central*. Está protegido de la falsación mediante un *cinturón protector* de hipótesis auxiliares, condiciones iniciales, etc. La *heurística positiva* está compuesta por líneas maestras que indican cómo se puede desarrollar el programa de investigación. Dicho desarrollo conllevará completar el núcleo central con supuestos adicionales en un intento de explicar fenómenos previamente conocidos y de predecir fenómenos nuevos. Los programas de investigación serán *progresistas* o *degeneradores* según consigan o no conducir al descubrimiento de fenómenos nuevos. Para que el lector no se desanime ante esta barrera de terminología nueva, me apresuraré a explicarla en términos muy simples.

Más que cualquier otra cosa, la característica definitoria de un programa es su núcleo central. Toma la forma de hipótesis teóricas muy generales que constituyen la base a partir de la cual se desarrolla el programa. He aquí algunos ejemplos. El núcleo central de la astronomía copernicana lo constituirían los supuestos de que la tierra y los planetas giran alrededor de un sol inmóvil y de que la tierra gira sobre su eje una vez al día. El núcleo central de la física newtoniana está compuesto por las leyes del movimiento de

¹ I. Lakatos, «Falsification and the methodology of scientific research programmes», en *Criticism and the growth of knowledge*, compilado por I. Lakatos y A. Musgrave (Cambridge, Cambridge University Press, 1974), pp. 91-196.

Newton más su ley de la atracción gravitatoria. El núcleo central del materialismo histórico de Marx sería el supuesto de que el cambio social ha de ser explicado en términos de lucha de clases, siendo determinados la naturaleza de las clases y los detalles de la lucha en último término por la base económica.

El núcleo central de un programa se vuelve infalsable por la «decisión metodológica de sus protagonistas»². Cualquier insuficiencia en la confrontación entre un programa de investigación articulado y los datos observacionales no se ha de atribuir a los supuestos que constituyen el núcleo central, sino a alguna otra parte de la estructura teórica. El laberinto de supuestos que constituyen esta otra parte de la estructura es a lo que Lakatos se refiere como cinturón protector. No sólo consta de hipótesis auxiliares explícitas que completan el núcleo central, sino además de supuestos subyacentes a la descripción de las condiciones iniciales y también de enunciados observacionales. Por ejemplo, el núcleo central del programa de investigación copernicano necesitaba ser aumentado añadiendo numerosos epiciclos a las órbitas planetarias inicialmente circulares y también era necesario cambiar el cálculo de la distancia de la tierra a las estrellas previamente aceptada. Si el comportamiento planetario previamente aceptado difería del predicho por el programa de investigación copernicano en alguna etapa de su desarrollo, se podía proteger el núcleo central del programa modificando los epiciclos o añadiendo otros nuevos. Finalmente, había que descubrir y modificar otros supuestos inicialmente implícitos. Se protegía el núcleo central cambiando la teoría subyacente al lenguaje de observación de modo que, por ejemplo, los datos telescópicos reemplazaran a las observaciones realizadas a simple vista. También podían ser finalmente modificadas las condiciones iniciales, con la adición de nuevos planetas.

La heurística negativa de un programa consiste en la exigencia de que durante el desarrollo del programa el núcleo siga sin modificar e intacto. Cualquier científico que modifique el núcleo central se apartará de ese determinado

² *Ibid.*, p. 133.

programa de investigación. Tycho Brahe se apartó del programa de investigación copernicano e inició otro al proponer que todos los planetas excepto la tierra giran alrededor del sol, al tiempo que el propio sol gira alrededor de una tierra inmóvil. El hincapié de Lakatos en el elemento convencional que corresponde al trabajo dentro de un programa de investigación, en la necesidad que tienen los científicos de *decidir* aceptar su núcleo central, tiene mucho en común con la postura de Popper acerca de los enunciados observacionales que se analizó en la sección II del capítulo anterior. La principal diferencia estriba en que, mientras que en Popper las decisiones sólo conciernen a la aceptación de los enunciados singulares, en Lakatos el mecanismo se extiende hasta ser aplicable a los enunciados *universales* que constituyen el núcleo. Sobre el hincapié de Lakatos en las decisiones personales explícitas de los científicos, mis reservas son similares a las que mencioné en relación con Popper. En los últimos capítulos de este libro se analizará más ampliamente esta cuestión.

La heurística positiva, ese aspecto de un programa de investigación que indica a los científicos el tipo de cosa que deben hacer en vez del que no deben hacer, es algo más vaga y más difícil de describir de manera específica que la heurística negativa. La heurística positiva indica cómo se ha de completar el núcleo central para que sea capaz de explicar y predecir los fenómenos reales. Como dice el propio Lakatos: «La heurística positiva consiste en un conjunto parcialmente articulado de sugerencias o indicaciones sobre cómo cambiar y desarrollar las 'variantes refutables' del programa de investigación, cómo modificar, refinar el cinturón protector 'refutable'»³. El desarrollo de un programa de investigación no sólo supondrá la adición de las oportunas hipótesis auxiliares, sino también el desarrollo de las técnicas matemáticas y experimentales idóneas. Por ejemplo, desde los mismos comienzos del programa copernicano, resultó evidente que eran necesarias, para la elaboración y aplicación detallada del programa, técnicas matemáticas adecuadas para manipular los movimientos epicíclicos, me-

³ *Ibid.*, p. 135.

jores técnicas de observación astronómica y teorías adecuadas que rigieran la utilización de los diversos instrumentos.

Lakatos puso como ejemplo de la noción de heurística positiva la historia del desarrollo inicial, por parte de Newton, de su teoría gravitatoria⁴. Newton llegó en primer lugar a la ley de la atracción de los cuadrados inversos considerando el movimiento elíptico de un punto-planeta alrededor de un punto-sol inmóvil. Era evidente que si se había de aplicar en la práctica la teoría gravitatoria al movimiento planetario, sería necesario desarrollar el programa transformando este modelo idealizado en otro más realista. Pero ese desarrollo suponía la solución de los problemas teóricos, que no se iba a lograr sin un considerable trabajo teórico. El propio Newton, enfrentado con un programa definido, esto es, guiado por una heurística positiva, hizo notables progresos. En primer lugar, tuvo en cuenta el hecho de que tanto un sol como un planeta se mueven bajo el influjo de su atracción mutua. Después tuvo en cuenta el tamaño finito de los planetas y los trató como si fueran esferas. Después de resolver el problema matemático que planteaba ese movimiento, Newton procedió a considerar otras complicaciones tales como las introducidas por la posibilidad de que un planeta pueda girar y el hecho de que existan fuerzas gravitatorias entre los planetas así como entre cada planeta y el sol. Cuando Newton había llegado a este punto del programa, siguiendo el camino que le había parecido más o menos necesario desde el comienzo, empezó a ocuparse de la confrontación entre su teoría y la observación. Cuando vio que la confrontación no cuadraba, lo que hizo fue pasar a considerar planetas no esféricos, etc. Surgió así un programa experimental bastante definido, así como el programa teórico contenido en la heurística positiva. Dicho programa incluía el desarrollo de telescopios más precisos, junto con las teorías auxiliares necesarias para su utilización en la astronomía, tales como aquéllas que proporcionan los medios adecuados para tener en cuenta la refracción de la luz en la atmósfera terrestre. La formulación inicial del programa de Newton también conllevaba la

⁴ *Ibid.*, pp. 145-46.

deseabilidad de construir un aparato lo suficientemente sensible como para detectar la atracción gravitatoria a escala de laboratorio (experimento de Cavendish).

El programa implícito en la teoría gravitatoria newtoniana proporcionó una sólida guía heurística. Lakatos ofrece una explicación muy detallada de la teoría del átomo de Bohr como otro ejemplo convincente⁵. Una característica importante de estos ejemplos del desarrollo de los programas de investigación lo constituye la etapa comparativamente tardía en que resultan oportunas las comprobaciones observacionales. Este hecho está de acuerdo con mis comentarios en la sección anterior sobre la construcción por parte de Galileo de los principios de la mecánica. Los primeros trabajos en un programa de investigación se realizan sin prestar atención a las aparentes falsaciones mediante la observación o a pesar de ellas. Hay que dar una oportunidad al programa de investigación para que haga efectivo todo su potencial. Hay que construir un cinturón protector adecuado y convenientemente sofisticado. En el ejemplo que hemos ofrecido de la revolución copernicana, este cinturón incluía el desarrollo de una óptica y una mecánica adecuadas. Cuando se ha desarrollado un programa hasta un punto en que es conveniente someterlo a pruebas observacionales, según Lakatos son las confirmaciones y no las falsaciones las que tienen capital importancia⁶. Se exige que un programa de investigación tenga éxito, al menos de vez en cuando, a la hora de realizar predicciones nuevas que se confirmen. En la sección IV del capítulo 5 se analizó la noción de predicción «nueva». La teoría newtoniana conoció éxitos espectaculares de este tipo cuando Galileo observó por primera vez el planeta Neptuno y cuando Cavendish detectó por primera vez la atracción gravitatoria a escala de laboratorio. Tales éxitos constituyeron los hitos del carácter progresivo del programa. En contraposición, la astro-

⁵ *Ibid.*, pp. 140-54.

⁶ Utilizo el término «confirmación» de la misma manera que en los capítulos anteriores para referirme a los resultados de una prueba experimental que apoyan una teoría, y no a la prueba de una teoría. Lakatos utilizaba «verificación» allí donde yo he utilizado «confirmación».

nomía tolemaica no pudo predecir fenómenos nuevos a lo largo de toda la Edad Media. En la época de Newton, decididamente la teoría tolemaica había degenerado.

Del boceto anterior se desprenden dos maneras de valorar el mérito de un programa de investigación. En primer lugar, un programa de investigación debe poseer un grado de coherencia que conlleve la elaboración de un programa definido para la investigación futura. En segundo término, un programa de investigación debe conducir al descubrimiento de nuevos fenómenos al menos de vez en cuando. Un programa de investigación debe satisfacer ambas condiciones si pretende calificarse de científico. Lakatos pone como ejemplos de programas que cumplen el primer requisito, pero no el segundo, al marxismo y a la psicología freudiana, y de programa que quizás cumpla el segundo pero no el primero, a la moderna sociología.

III. LA METODOLOGIA DENTRO DE UN PROGRAMA DE INVESTIGACION

Dentro del marco conceptual de Lakatos, hay que tratar la metodología desde dos puntos de vista: uno se refiere al trabajo realizado dentro de un solo programa de investigación, y el otro a la comparación de los méritos de programas de investigación rivales. El trabajo que se realiza dentro de un solo programa de investigación supone la expansión y modificación de su cinturón protector añadiendo y articulando diversas hipótesis. ¿Qué tipos de adiciones y modificaciones debe permitir una buena metodología científica y qué tipos se han de considerar acientíficos? La respuesta que da Lakatos a esta cuestión es sencilla. Se puede permitir cualquier maniobra mientras no sea *ad hoc* en el sentido analizado en la sección II del capítulo 5. Las modificaciones o adiciones al cinturón protector de un programa de investigación deben ser comprobables de forma independiente. Se pide a los científicos o grupos de científicos que desarrollen el cinturón protector de la manera que deseen, siempre que sus maniobras ofrezcan la oportunidad de hacer nuevas comprobaciones y por tanto la posibilidad de realizar nue-

vos descubrimientos. Como ejemplo, tomemos el caso del desarrollo de la teoría de Newton que hemos considerado ya varias veces y examinemos la situación que enfrentó a Leverrier y Adams cuando se dedicaron a estudiar la problemática órbita del planeta Urano. Aquellos científicos optaron por modificar el cinturón protector del programa aduciendo que las condiciones iniciales eran insuficientes. Su detallada propuesta era científica porque era comprobable de manera independiente y, como se vio a la larga, condujo al descubrimiento del planeta Neptuno. Pero, según la concepción de Lakatos, otras respuestas posibles al problema habrían sido auténticamente científicas. Otro científico podría haber propuesto una modificación en la teoría óptica que rige el funcionamiento de los telescopios empleados en la investigación. Esta maniobra habría sido científica si, por ejemplo, hubiera implicado la predicción de un nuevo tipo de aberración, de tal manera que se pudiera comprobar mediante experimentos ópticos la existencia de la nueva aberración. Otra maniobra podría haber implicado poner en tela de juicio alguno de los supuestos del cinturón protector, como por ejemplo los concernientes a la refracción en la atmósfera terrestre. Una maniobra semejante habría sido lícita si hubiera ofrecido la posibilidad de efectuar nuevos tipos de comprobaciones experimentales, llevando tal vez al descubrimiento de algún rasgo inesperado de la atmósfera terrestre.

Hay dos tipos de maniobras que excluye la metodología de Lakatos. Quedan excluidas las hipótesis *ad hoc*, las hipótesis que no son comprobables de forma independiente. Por ejemplo, en nuestro caso habría sido acientífico proponer que el movimiento problemático del planeta Urano era debido a que ese era su movimiento natural. El otro tipo de maniobra que queda excluido es el que va en contra del núcleo central, como ya hemos dicho. Un científico que tratara de hacer frente a la órbita de Urano proponiendo que la fuerza entre Urano y el sol obedece a alguna ley distinta de la del inverso de los cuadrados estaría saliéndose del programa de investigación newtoniano.

El hecho de que cualquier parte del complejo laberinto teórico pueda ser responsable de una aparente falsación

plantea un serio problema al falsacionista que confía en un método general de conjeturas y refutaciones. Para él, la incapacidad de localizar la fuente del problema da como resultado un caos ametódico. La concepción lakatosiana de la ciencia está lo suficientemente estructurada como para evitar esa consecuencia. Se mantiene el orden gracias a la inviolabilidad del núcleo central de un programa y a la heurística positiva que lo acompaña. La proliferación de conjeturas ingeniosas dentro de ese marco le llevará a progresar siempre que alguna de las predicciones resultantes de las conjeturas ingeniosas tengan éxito de vez en cuando. Los resultados de las comprobaciones experimentales son los que determinan de modo muy sencillo las decisiones de mantener o rechazar una hipótesis. Las que sobreviven a las pruebas experimentales se conservan de modo provisional y las que no consiguen sobrevivir se rechazan, aunque dichas decisiones puedan ser reconsideradas a la luz de alguna otra hipótesis ingeniosa, comprobable de forma independiente. La relación de la observación con una hipótesis que se está comprobando es relativamente poco problemática dentro de un programa de investigación debido a que el núcleo central y la heurística positiva sirven para definir un lenguaje observacional sumamente estable.

IV. LA COMPARACION DE LOS PROGRAMAS DE INVESTIGACION

Mientras que dentro de un programa de investigación se pueden determinar los méritos relativos de hipótesis rivales de un modo relativamente sencillo, la comparación de programas de investigación rivales es más problemática. En términos generales, los méritos relativos de los programas de investigación se tienen que juzgar por la medida en que dichos programas progresan o degeneran. Un programa que degenera dará paso a un rival más progresista, de igual manera que la astronomía tolemaica dio paso finalmente a la teoría copernicana.

Una dificultad importante de este criterio de aceptación y rechazo de los programas de investigación va unida al factor tiempo. ¿Cuánto tiempo debe pasar hasta que se pueda decidir que un programa ha degenerado gravemente, que es

incapaz de llevar al descubrimiento de nuevos fenómenos? La parábola de Lakatos sobre el comportamiento hipotéticamente extraño de un planeta, que se reprodujo en las páginas 95-6, indica la dificultad. En ese desarrollo imaginario de la astronomía newtoniana, nunca se pudo asegurar que no estuviera a la vuelta de la esquina un éxito importante. Considerando un auténtico ejemplo histórico, se descubrió que era correcta la predicción de Copérnico acerca de las fases de Venus setenta años después y la predicción copernicana de que las estrellas fijas debían exhibir una paralaje se confirmó varios siglos más tarde. Debido a la incertidumbre del resultado de futuros intentos por desarrollar y comprobar un programa de investigación, nunca se puede decir si un programa ha degenerado más allá de toda esperanza. Siempre es posible que alguna ingeniosa modificación de su cinturón protector conduzca a algún descubrimiento espectacular que haga que el programa reviva y entre en una fase progresista.

La historia de las teorías de la electricidad proporciona un ejemplo de la suerte cambiante de programas de investigación rivales. Un programa, al cual denominaré teoría de la acción a distancia, consideraba la electricidad como un fluido o partículas de algún tipo que residían en los cuerpos cargados eléctricamente y fluían a través de circuitos eléctricos. Se suponía que cada uno de los elementos de la electricidad actuaba sobre los demás a distancia, instantáneamente, a través del espacio vacío y con una fuerza que dependía de la separación y del movimiento de los elementos. El otro programa era la teoría del campo iniciada por Faraday, según la cual se pueden explicar los fenómenos eléctricos en función de las acciones que se producen en el medio que rodea a los cuerpos electrificados y a los circuitos eléctricos, y no en función del comportamiento de una sustancia que hay dentro de ellos. Antes de que Faraday consiguiera sus éxitos, la teoría progresista era la de la acción a distancia. Condujo al descubrimiento de la capacidad de una jarra de Leyden para almacenar electricidad y al descubrimiento por Cavendish de la ley de los cuadrados inversos de la atracción o rechazo entre los cuerpos cargados de electricidad. Sin embargo, la teoría del campo había de sobre-

pasar a la de la acción a distancia con el descubrimiento por Faraday de la inducción electromagnética y su invención del motor eléctrico, la dinamo y el transformador en la década de 1830. La teoría del campo progresó de una manera aún más espectacular cuando, unas cuantas décadas después, Hertz produjo las ondas de radio predichas por el programa. No obstante, la teoría de la acción a distancia no se agotó. La noción de electrón surgió de ese programa. En la primera mitad del siglo XIX, un teórico de la acción a distancia, W. Weber, lo predijo de una manera vaga, en 1892. H. A. Lorentz lo predijo de una manera más precisa y fue finalmente J. J. Thomson y otros quienes lo detectaron en años posteriores de esa década. El desarrollo de la teoría electromagnética clásica habría resultado muy perjudicado si se hubiera abandonado antes el enfoque de la acción a distancia debido al progreso superior del programa de la teoría del campo. Dicho sea de paso, la interacción entre los dos programas y el hecho de que la teoría electromagnética clásica surgiera como una reconciliación de los dos programas, heredando de uno los campos y del otro el electrón, sugiere que los programas de investigación no son tan autónomos como indica la explicación de Lakatos.

Así pues, dentro de la explicación de Lakatos, no se puede decir nunca de modo absoluto que un programa de investigación es «mejor» que otro rival. El propio Lakatos admite que sólo se pueden decidir los méritos relativos de dos programas «retrospectivamente». Como no ha conseguido ofrecer un criterio claro para rechazar un programa de investigación coherente o para elegir entre programas de investigación rivales, se podría decir, junto con Feyerabend, que la metodología de Lakatos es un «ornamento verbal, una especie de recuerdo de tiempos más felices cuando todavía se creía posible manejar un asunto complejo y a menudo catastrófico como la ciencia mediante unas cuantas reglas 'racionales' y simples'. La cuestión aquí suscitada será analizada con cierto detalle en el capítulo 9.

¹ P. K. Feyerabend, «Consolations for the specialist», en *Criticism and the growth of knowledge*, compilado por Lakatos y Musgrave, página 215.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

La fuente más importante es «Falsification and the methodology of scientific research programmes», de I. Lakatos, en *Criticism and the growth of knowledge*, compilado por I. Lakatos y A. Musgrave (Cambridge, Cambridge University Press, 1974), páginas 91-196. En «Why did Einstein's programme supersede Lorentz's?», de E. Zahar, se encuentran estudios de algunos casos históricos desde el punto de vista de Lakatos, *British Journal for the Philosophy of Science*, 24, 1973, pp. 95-123, 223-63, así como en «Why did Copernicus's programme supersede Ptolemy's?», de I. Lakatos y E. Zahar en *The Copernican achievement*, compilado por R. Westman (Berkeley, California, California University Press, 1975); véanse también los estudios recogidos en Colin Howson, comp., *Method and appraisal in the physical sciences*, Cambridge, Cambridge University Press, 1976. La mayoría de los artículos de Lakatos han sido recogidos y publicados en dos volúmenes por John Worrall y Gregory Currie, Cambridge, Cambridge University Press, 1978. Noretta Koertge, en «Inter-theoretic criticism and the growth of science», *Boston studies in philosophy of science*, vol. 8, compilado por R. C. Buck y R. S. Cohen (Dordrecht, Reidel Publ. Co., 1971), páginas 160-73, critica la medida en que los programas de investigación de Lakatos son autosuficientes. D. Bloor compara las posturas de Lakatos y Kuhn, defendiendo la de este último, en «Two paradigms of scientific knowledge?», *Science Studies*, 1, 1971, pp. 101-15. Alan E. Musgrave se ocupa de la idea de predicción nueva en «Logical versus historical theories of confirmation», *British Journal for the Philosophy of Science*, 25, 1974, pp. 1-23.

8. LAS TEORIAS COMO ESTRUCTURAS: 2. LOS PARADIGMAS DE KUHN

I. OBSERVACIONES INICIALES

Existe una segunda concepción de las teorías científicas como estructuras complejas de cierto tipo que ha recibido y está recibiendo mucha atención en los últimos años. Me refiero a la concepción desarrollada por Thomas Kuhn, cuya primera versión apareció en su obra *The structure of scientific revolutions*, que se publicó inicialmente en 1962¹. Kuhn comenzó su carrera académica como físico y luego centró su atención en la historia de la ciencia. Al hacerlo, descubrió que sus ideas preconcebidas acerca de la naturaleza de la ciencia quedaban hechas añicos. Se dio cuenta de que las concepciones tradicionales de la ciencia, ya fueran inductivistas o falsacionistas, no resistían una comparación con las pruebas históricas. Posteriormente la teoría de la ciencia de Kuhn se desarrolló como un intento de proporcionar una teoría de la ciencia que estuviera más de acuerdo con la situación histórica tal y como él la veía. Un rasgo característico de su teoría es la importancia atribuida al carácter revolucionario del progreso científico, en la que una revolución supone el abandono de una estructura teórica y su reemplazo por otra, incompatible con la anterior. Otro aspecto importante reside en el importante papel que desempeñan en la teoría de Kuhn las características sociológicas de las comunidades científicas.

Los enfoques de Lakatos y Kuhn poseen algunas cosas en común. Concretamente, ambos exigen de sus concepciones filosóficas que resistan a las críticas basadas en la historia de la ciencia. La concepción de Kuhn es anterior

¹ T. S. Kuhn, *The structure of scientific revolutions* (Chicago, University of Chicago Press, 1970).

a la metodología de los programas de investigación científica de Lakatos y pienso que resulta acertado decir que Lakatos adaptó algunos de los resultados de Kuhn a sus propósitos. En este libro hemos presentado en primer lugar la concepción de Lakatos porque se ve mejor como la culminación del programa popperiano y como una respuesta directa a las limitaciones del falsacionismo de Popper y un intento de superarlas. Las principales diferencias entre Kuhn, por un lado, y Popper y Lakatos, por otro, estriban en el hincapié que hace el primero en los factores sociológicos.

El «relativismo» de Kuhn será estudiado y criticado más adelante en este libro. En este capítulo me limitaré simplemente a resumir las opiniones de Kuhn.

Se puede resumir la imagen que tiene Kuhn de cómo progresa una ciencia mediante el siguiente esquema abierto:

preciencia-ciencia normal-crisis-revolución-nueva ciencia normal-nueva crisis

La desorganizada y diversa actividad que precede a la formación de una ciencia se estructura y dirige finalmente cuando una comunidad científica se adhiere a un solo *paradigma*. Un paradigma está constituido por los supuestos teóricos generales, las leyes y las técnicas para su aplicación que adoptan los miembros de una determinada comunidad científica. Los que trabajan dentro de un paradigma, ya sea la mecánica newtoniana, la óptica ondulatoria, la química analítica o cualquier otro, practican lo que Kuhn denomina *ciencia normal*. La ciencia normal articulará y desarrollará el paradigma en su intento por explicar y acomodar el comportamiento de algunos aspectos importantes del mundo real, tal y como se revelan a través de los resultados de la experimentación. Al hacerlo experimentarán inevitablemente dificultades y se encontrarán con aparentes falsaciones. Si las dificultades de ese tipo se escapan de las manos, se desarrolla un estado de *crisis*. La crisis se resuelve cuando surge un paradigma completamente nuevo que se gana la adhesión de un número de científicos cada vez mayor, hasta

que finalmente se abandona el paradigma original, acosado por problemas. El cambio discontinuo constituye una *revolución científica*. El nuevo paradigma, lleno de promesas y no abrumado por dificultades en apariencia insuperables, guía entonces la nueva actividad científica normal hasta que choca con serios problemas y aparece una nueva crisis seguida de una nueva revolución.

Con este resumen como anticipo, procedamos a examinar con más detalle los diversos componentes del esquema de Kuhn.

II. LOS PARADIGMAS Y LA CIENCIA NORMAL

Una ciencia madura está regida por un solo paradigma.³ El paradigma establece las normas necesarias para legitimar el trabajo dentro de la ciencia que rige. Coordina y dirige la actividad de «resolver problemas» que efectúan los científicos normales que trabajan dentro de él. La característica que distingue a la ciencia de la no ciencia es, según Kuhn, la existencia de un paradigma capaz de apoyar una tradición de ciencia normal. La mecánica newtoniana, la óptica ondulatoria y el electromagnetismo clásico constituyeron y quizás constituyen aún paradigmas y se califican de ciencias. Gran parte de la sociología moderna carece de un paradigma y en consecuencia no se califica de ciencia.

Como se explicará más adelante, en la naturaleza de un paradigma está el escapar a una definición precisa. No obstante, es posible describir algunos componentes típicos que constituyen un paradigma. Entre esos componentes se encontrarán las leyes explícitamente establecidas y los supuestos teóricos comparables al núcleo central de un programa

³ Desde la primera redacción de *The structure of scientific revolutions*, Kuhn ha admitido que en un principio utilizó el término «paradigma» en un sentido ambiguo. En la *Posdata* a la edición de 1970 distingue un sentido general del término, al que ahora se refiere como «matriz disciplinar», y un sentido estricto del término, que reemplaza por el de «ejemplar». Continúo utilizando «paradigma» en su sentido general para referirme a lo que Kuhn ha rebautizado como matriz disciplinar.

de investigación lakatosiano. Así, por ejemplo, las leyes del movimiento de Newton forman parte del paradigma newtoniano y las ecuaciones de Maxwell forman parte del paradigma que constituye la teoría electromagnética clásica. Los paradigmas también incluirán las maneras normales de aplicar las leyes fundamentales a los diversos tipos de situaciones. Por ejemplo, el paradigma newtoniano incluirá los métodos para aplicar las leyes de Newton al movimiento planetario, a los péndulos, a los choques de las bolas de billar, etc. También se incluirán en el paradigma el instrumental y las técnicas instrumentales necesarios para hacer que las leyes del paradigma se refieran al mundo real. La aplicación en astronomía del paradigma newtoniano conlleva el uso de diversos tipos acreditados de telescopios, junto con técnicas para su utilización y diversas técnicas para corregir los datos recopilados con su ayuda. Un componente adicional de los paradigmas lo constituyen algunos principios metafísicos muy generales, que guían el trabajo dentro del paradigma. Durante todo el siglo XIX, el paradigma newtoniano estuvo regido por un supuesto como éste: «Todo el mundo físico se ha de explicar como un sistema mecánico que actúa bajo el influjo de diversas fuerzas de acuerdo con los dictados de las leyes del movimiento de Newton», y el programa cartesiano del siglo XVII suponía el principio: «No hay vacío y el universo físico es un gran mecanismo de relojería en el que todas las fuerzas toman la forma de impulsos». Por último, todos los paradigmas contendrán algunas prescripciones metodológicas muy generales tales como: «Hay que intentar seriamente compaginar el paradigma con la naturaleza» o «Hay que tratar los intentos fallidos de compaginar el paradigma con la naturaleza como problemas serios».

La ciencia normal conlleva intentos detallados de articular un paradigma con el propósito de compaginarlo mejor con la naturaleza. Un paradigma siempre será lo suficientemente impreciso y abierto como para permitir que se hagan ese tipo de cosas³. Kuhn describe la ciencia normal como

³ Véase la noción algo más precisa de heurística positiva de Lakatos.

una actividad de resolver problemas gobernada por las reglas de un paradigma. Los problemas serán tanto de naturaleza teórica como experimental. Por ejemplo, dentro del paradigma newtoniano, los problemas teóricos típicos conllevan la invención de técnicas matemáticas que se ocupen del movimiento de un planeta sujeto a más de una fuerza atrayente y desarrollen supuestos adecuados para aplicar las leyes de Newton al movimiento de los fluidos. Los problemas experimentales incluían el perfeccionamiento de la precisión de las observaciones telescópicas y el desarrollo de las técnicas experimentales capaces de proporcionar mediciones fiables de la constante gravitatoria. La ciencia normal debe presuponer que un paradigma proporciona los medios adecuados para resolver los problemas que en él se plantean. Se considera que un fracaso en la resolución de un problema es un fracaso del científico, más que una insuficiencia del paradigma. Los problemas que se resisten a ser solucionados son considerados como *anomalías*, más que como falsaciones de un paradigma. Kuhn reconoce que todos los paradigmas contendrán algunas anomalías (por ejemplo, la teoría copernicana y el tamaño aparente de Venus o el paradigma newtoniano y la órbita de Mercurio) y rechaza todas las corrientes del falsacionismo.

Un científico normal no debe criticar el paradigma en el que trabaja. Sólo de esa manera es capaz de concentrar sus esfuerzos en la detallada articulación del paradigma y efectuar el trabajo esotérico necesario para explorar la naturaleza en profundidad. Lo que distingue a la ciencia normal, madura, de la actividad relativamente desorganizada de la *preciencia* inmadura es la falta de desacuerdo en lo fundamental. Según Kuhn, la *preciencia* se caracteriza por el total desacuerdo y el constante debate de lo fundamental, de manera que es imposible abordar el trabajo detallado, esotérico. Habrá casi tantas teorías como trabajadores haya en el campo y cada teórico se verá obligado a comenzar de nuevo y a justificar su propio enfoque. Kuhn ofrece como ejemplo la óptica antes de Newton. Hubo muchas teorías sobre la naturaleza de la luz desde los tiempos de los antiguos hasta Newton. No se llegó a un acuerdo general ni surgió una teoría detallada, generalmente acep-

tada, antes de que Newton propusiera y defendiera su teoría de las partículas. Los teóricos rivales del período precientífico no sólo discrepaban en sus supuestos teóricos, sino también en los tipos de fenómenos observacionales importantes para sus teorías. En la medida en que Kuhn reconoce el papel desempeñado por un paradigma como guía de la investigación y la interpretación de los fenómenos observables, da cabida a la mayor parte de lo que he descrito en el capítulo 3 como la dependencia de la observación por parte de la teoría.

Kuhn insiste en que en un paradigma hay más de lo que se puede exponer explícitamente en forma de reglas y directrices explícitas. Invoca el análisis efectuado por Wittgenstein de la noción de «juego» para ilustrar en parte lo que quiere decir. Wittgenstein mantenía que no es posible detallar las condiciones necesarias y suficientes para que una actividad sea un juego. Cuando se intenta, se encuentra invariablemente una actividad que la definición incluye pero que no se desearía considerar como un juego, o una actividad que la definición excluye pero que se desearía considerar como un juego. Kuhn afirma que existe la misma situación con relación a los paradigmas. Si se trata de dar una descripción explícita y precisa de algún paradigma en la historia de la ciencia o en la ciencia actual, siempre resulta que algún trabajo efectuado dentro del paradigma va en contra de la descripción. Sin embargo, Kuhn insiste en que esta situación no hace insostenible el concepto de paradigma, del mismo modo que la situación similar con respecto al «juego» no excluye el uso legítimo de ese concepto. Aunque no exista una descripción explícita y completa, los científicos trabajan con un paradigma a través de su formación científica. Un aspirante a científico se pone al corriente de los métodos, las técnicas y las normas del paradigma resolviendo problemas normales, efectuando experimentos normales y, finalmente, haciendo alguna investigación bajo la supervisión de alguien que ya es un experto dentro del paradigma. No será capaz de hacer una relación explícita de los métodos y las técnicas que ha aprendido, del mismo modo que un maestro carpintero no es capaz de describir plenamente lo que hay detrás de sus técnicas. Gran parte del

conocimiento del científico normal será *tácito*, en el sentido desarrollado por Michael Polanyi⁴.

Debido al modo en que es adiestrado, y necesita ser adiestrado, si ha de trabajar de manera eficaz, un científico normal típico será inconsciente de la naturaleza precisa del paradigma en el que trabaja e incapaz de articularla. Sin embargo, de esto no se desprende que un científico no sea capaz de intentar articular las presuposiciones implícitas en su paradigma, si surge la necesidad. Semejante necesidad surgirá cuando un paradigma se vea amenazado por un rival. En esas circunstancias será necesario intentar detallar las leyes generales, los principios metodológicos y metafísicos, etc., implícitos en un paradigma para defenderlos de las alternativas que conlleva el nuevo paradigma que lo amenaza. En la próxima sección, procederé a resumir la explicación que da Kuhn de cómo puede un paradigma tropezar con problemas y ser reemplazado por un rival.

III. CRISIS Y REVOLUCION

El científico normal trabaja confiadamente dentro de un área bien definida, dictada por un paradigma. El paradigma se le presenta con un conjunto de problemas definidos, junto con unos métodos que él confía serán adecuados para su solución. Si culpa al paradigma de no haber conseguido resolver algún problema, estará expuesto a las mismas acusaciones que el carpintero que culpa a sus instrumentos. No obstante, habrá fallos que pueden a la larga llegar a tal grado de gravedad que constituya una seria crisis para el paradigma y lleve al rechazo del paradigma y a su reemplazo por una alternativa incompatible.

La mera existencia dentro de un paradigma de problemas sin resolver no constituye una crisis. Kuhn reconoce que los paradigmas siempre encontrarán dificultades. Siempre habrá anomalías. Solamente en condiciones especiales las anomalías se pueden desarrollar de tal manera que socaven

⁴ Véase M. Polanyi, *Personal knowledge*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1973, y *Knowing and being*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1969.

la confianza en el paradigma. Se considerará que una anomalía es particularmente grave si se juzga que afecta a los propios fundamentos de un paradigma y, no obstante, resiste con vigor a los intentos de eliminarla por parte de los miembros de la comunidad científica normal. Kuhn cita como ejemplo los problemas asociados al éter y el movimiento de la tierra relativo a él en la teoría electromagnética de Maxwell, a finales del siglo XIX. Los problemas que los cometas planteaban al cosmos aristotélico ordenado y lleno de las esferas cristalinas conectadas entre sí constituirían un ejemplo menos técnico. También se considera que las anomalías son serias si son importantes con relación a alguna necesidad social apremiante. Los problemas que abrumaban a la astronomía tolemaica eran apremiantes a la luz de la necesidad de la reforma del calendario en la época de Copérnico. También tendrá que ver con la seriedad de una anomalía la cantidad de tiempo que resista a los intentos de eliminarla. El número de anomalías serias es otro factor que influye en el comienzo de una crisis.

Según Kuhn, analizar las características de un período de crisis en la ciencia exige tanto la competencia de un psicólogo como la de un historiador. Cuando se llega a considerar que las anomalías plantean al paradigma serios problemas, comienza un período de «inseguridad profesional marcada». Los intentos por resolver el problema se hacen cada vez más radicales y progresivamente se van debilitando las reglas establecidas por el paradigma para solucionar problemas. Los científicos normales comienzan a entablar discusiones metafísicas y filosóficas y tratan de defender sus innovaciones, de estatus dudoso desde el punto de vista del paradigma, con argumentos filosóficos. Los científicos empiezan incluso a expresar abiertamente su descontento e intranquilidad con respecto al paradigma reinante. Kuhn cita la respuesta de Wolfgang Pauli a lo que éste consideró como una crisis creciente de la física hacia 1924. Un Pauli exasperado confesó a un amigo: «En este momento la física se encuentra en un estado de terrible confusión. De cualquier modo, me resulta demasiado difícil y me gustaría haber sido

Las teorías como estructuras: 2

actor de cine o algo por el estilo, y no haber oído hablar nunca de la física»⁶. Una vez que un paradigma ha sido debilitado y socavado hasta el punto de que sus defensores pierden su confianza en él, ha llegado el momento de la revolución.

La gravedad de una crisis aumenta cuando hace su aparición un paradigma rival. «El nuevo paradigma, o un indicio suficiente para permitir una posterior articulación, surge de repente, a veces en medio de la noche, en el pensamiento de un hombre profundamente inmerso en la crisis»⁷. El nuevo paradigma será muy diferente del viejo e incompatible con él. Las diferencias radicales serán de diversos tipos.

Cada paradigma considerará que el mundo está constituido por distintos tipos de cosas. El paradigma aristotélico consideraba que el universo estaba dividido en dos reinos distintos, la región supralunar, incorruptible e inalterable, y la región terrestre, corruptible y sometida al cambio. Los paradigmas posteriores consideraron que todo el universo estaba constituido por los mismos tipos de sustancias materiales. La química anterior a Lavoisier implicaba la afirmación de que el mundo contenía una sustancia denominada flogisto, que se desprende de las materias cuando arden. El nuevo paradigma de Lavoisier implicaba que no había nada semejante al flogisto, pero que sí existe un gas, el oxígeno, que desempeña un papel completamente distinto en la combustión. La teoría electromagnética de Maxwell implicaba un éter que ocupaba todo el espacio, mientras que la reformulación radical que de ella hiciera Einstein eliminaba el éter.

Los paradigmas rivales considerarán lícitos o significativos diversos tipos de cuestiones. Las cuestiones relativas al peso del flogisto eran importantes para los teóricos del flogisto e inútiles para Lavoisier. Las cuestiones relativas a la masa de los planetas eran fundamentales para los newtonianos y heréticas para los aristotélicos. El problema de la velocidad de la tierra con respecto al éter, que tenía un profundo significado para los físicos anteriores a Einstein,

⁶ Kuhn, *The structure of scientific revolutions*, pp. 67-68.

⁶ *Ibid.*, p. 84.

⁷ *Ibid.*, p. 91.

fue disipado por éste. Del mismo modo que plantean distintos tipos de cuestiones, los paradigmas conllevan normas diferentes e incompatibles. Los newtonianos admitían una inexplicada acción a distancia, mientras que los cartesianos la rechazaban por metafísica e incluso ocultista. Para Aristóteles el movimiento sin causa era un absurdo, pero para Newton era un axioma. La transmutación de los elementos ocupa un lugar importante en la moderna física nuclear (al igual que en la alquimia medieval), pero va completamente en contra de los objetivos del programa atomista de Dalton. Ciertos tipos de acontecimientos descriptibles dentro de la microfísica moderna suponen una indeterminación que no tenía cabida en el programa newtoniano.

El paradigma en el que esté trabajando guiará el modo en que el científico vea un determinado aspecto del mundo. Kuhn mantiene que, en cierto sentido, los defensores de paradigmas rivales «viven en mundos distintos». Cita como prueba el hecho de que los astrónomos occidentales observaron, registraron y analizaron por primera vez cambios en el cielo después de que se propusiera la teoría copernicana. Con anterioridad, el paradigma aristotélico había dictaminado que no podía haber cambios en la región supralunar y, en consecuencia, no se observaba ningún cambio. Los cambios que se observaron se explicaron como perturbaciones en la atmósfera superior. En el capítulo 3 se han ofrecido más ejemplos de Kuhn y otros.

Kuhn vincula el cambio de la adhesión por parte de los científicos de un paradigma a otro alternativo e incompatible con un «cambio de *gestalt*» o una «conversión religiosa». No existe ningún argumento puramente lógico que demuestre la superioridad de un paradigma sobre otro y que, por tanto, impulse a cambiar de paradigma a un científico racional. Una razón de que no sea posible esa demostración estriba en el hecho de que en el juicio de un científico sobre los méritos de una teoría científica intervienen muchos factores. La decisión del científico dependerá de la prioridad que dé a dichos factores. Los factores incluirán cosas tales como la simplicidad, la conexión con alguna necesidad social urgente, la capacidad de resolver algún determinado tipo de problema, etc. Así, por ejemplo, un científico podrá sentirse

atraído por la teoría copernicana debido a la simplicidad de algunas de sus características matemáticas. Otro podrá sentirse atraído porque ve en ella la posibilidad de la reforma del calendario. A un tercero le podrá haber hecho desistir de la teoría copernicana su interés por la mecánica terrestre y su conciencia de los problemas que la teoría copernicana le planteaba. Un cuarto podrá rechazar la teoría copernicana por razones religiosas.

Una segunda razón de que no exista una demostración lógicamente convincente de la superioridad de un paradigma sobre otro surge del hecho de que los partidarios de los paradigmas rivales suscribirán distintos conjuntos de normas, principios metafísicos, etc. Juzgado por sus propias normas, el paradigma A podrá ser considerado superior al paradigma B, mientras que si se utilizan como premisas las normas del paradigma B, el juicio podrá ser el contrario. La conclusión de una argumentación es convincente solamente si se aceptan sus premisas. Los partidarios de paradigmas rivales no aceptarán las premisas de los contrarios y por lo tanto no se dejarán convencer necesariamente por los argumentos de los demás. Por este tipo de razón, Kuhn compara a las revoluciones científicas con las revoluciones políticas. Así como «las revoluciones políticas pretenden cambiar las instituciones políticas por unos medios que las propias instituciones prohíben» y en consecuencia «falla el recurso político», así también la elección «entre paradigmas rivales resulta ser una elección entre modos incompatibles de vida comunitaria» y ningún argumento puede ser «lógica ni siquiera probabilísticamente convincente»¹. Sin embargo, esto no quiere decir que los diversos argumentos no se encuentren entre los importantes factores que influyen en las decisiones de los científicos. En opinión de Kuhn, qué tipo de factores resultan eficaces para hacer que los científicos cambien de paradigma es algo que debe descubrir la investigación psicológica y sociológica.

Así pues, hay ciertas razones interrelacionadas de que no haya un argumento lógicamente convincente que dicte el abandono de un paradigma por parte de un científico cuando

¹ *Ibid.*, pp. 93-94.

un paradigma compite con otro. No hay un criterio único por el que un científico pueda juzgar el mérito o porvenir de un paradigma y, además, los defensores de los programas rivales suscribirán distintos conjuntos de normas e incluso verán el mundo de distinta manera y lo describirán en distinto lenguaje. El propósito de los argumentos y discusiones entre defensores de paradigmas rivales debe ser persuadir y no coaccionar. Creo que lo que he resumido en este párrafo es lo que hay detrás de la afirmación kuhniana de que los paradigmas rivales son «incomensurables».

Una revolución científica corresponde al abandono de un paradigma y a la adopción de otro nuevo, no por parte de un científico aislado sino por parte de la comunidad científica en su totalidad. A medida que se convierten más científicos, por diversas razones, al paradigma, hay un «creciente cambio en la distribución de las adhesiones profesionales»⁹. Para que la revolución tenga éxito, este cambio ha de extenderse hasta incluir a la mayoría de los miembros de la comunidad científica, quedando sólo unos cuantos disidentes, los cuales serán excluidos de la nueva comunidad científica y tal vez se refugiarán en un departamento de filosofía. De cualquier modo, finalmente se extinguirán.

IV. LA FUNCIÓN DE LA CIENCIA NORMAL Y LAS REVOLUCIONES

Algunos aspectos de los escritos de Kuhn podrían dar la impresión de que su concepción de la naturaleza de la ciencia es puramente *descriptiva*, esto es, que lo único que pretende es describir las teorías científicas o paradigmas y la actividad de los científicos. Si este fuera el caso, entonces la concepción científica de Kuhn tendría poco valor como *teoría* de la ciencia. Una supuesta teoría de la ciencia basada solamente en la descripción estaría expuesta a algunas de las objeciones esgrimidas contra la concepción inductivista ingenua de cómo se llega a las teorías cientí-

⁹ *Ibid.*, p. 158.

ficas. A menos que la concepción descriptiva de la ciencia esté configurada por alguna teoría, no se ofrece ninguna guía con respecto a los tipos de actividades y productos de actividades que se han de describir. Concretamente, sería necesario que las actividades y producciones de los científicos de a pie se documentaran con tanto detalle como los logros de un Einstein o de un Galileo.

Sin embargo, constituye un error considerar que la idea que tiene Kuhn de la ciencia proviene únicamente de una descripción del trabajo de los científicos. Kuhn insiste en que su concepción constituye una teoría de la ciencia porque incluye una explicación de la *función* de sus diversos componentes. Según Kuhn, la ciencia normal y las revoluciones desempeñan funciones necesarias, de modo que la ciencia debe conllevar estas características o algunas otras que sirvan para efectuar las mismas funciones. Veamos cuáles son esas funciones según Kuhn.

Los períodos de ciencia normal proporcionan la oportunidad de que los científicos desarrollen los detalles esotéricos de una teoría. Trabajando dentro de un paradigma cuyos fundamentos se dan por sentados, son capaces de efectuar el duro trabajo teórico y experimental necesario para que el paradigma se compagine con la naturaleza en un grado cada vez mayor. Gracias a su confianza en la adecuación de un paradigma, los científicos pueden dedicar sus energías a intentar resolver los detallados problemas que se les presentan dentro del paradigma en vez de enzarzarse en disputas sobre la licitud de sus supuestos y métodos fundamentales. Es necesario que la ciencia normal sea en gran medida acrítica. Si todos los científicos criticaran todas las partes del marco conceptual en el que trabajan todo el tiempo, no se llevaría a cabo ningún trabajo detallado.

Si todos los científicos fueran y siguieran siendo científicos normales, una determinada ciencia se vería atrapada en un solo paradigma y nunca progresaría más allá de él. Desde el punto de vista kuhniano, este sería un grave defecto. Un paradigma entraña un determinado marco conceptual a través del cual se ve el mundo y en el cual se le describe, y un determinado conjunto de técnicas experi-

mentales y teóricas para hacer que el paradigma se compagine con la naturaleza. Pero no hay ninguna razón *a priori* para esperar que un paradigma sea perfecto o que sea el mejor del que se dispone. No hay procedimientos inductivos que permitan llegar a paradigmas perfectamente adecuados. En consecuencia, la ciencia debe contener dentro de sí la manera de pasar de un paradigma a otro mejor. Esta es la función que cumplen las revoluciones. Todos los paradigmas serán inadecuados en alguna medida por lo que se refiere a su compaginación con la naturaleza. Cuando la falta de compaginación es seria, esto es, cuando se desarrolla una crisis, el paso revolucionario de reemplazar todo el paradigma por otro resulta esencial para el progreso efectivo de la ciencia.

La alternativa de Kuhn al progreso acumulativo que es la característica de las concepciones inductivistas de la ciencia es el progreso a través de las revoluciones. Según los inductivistas, el conocimiento científico aumenta continuamente a medida que se hacen observaciones más numerosas y más variadas, permitiendo que se formen nuevos conceptos, que se refinan los viejos y que se descubran entre ellos nuevas y justas relaciones. Desde el particular punto de vista de Kuhn, eso es un error, porque ignora el papel que desempeñan los paradigmas guiando la observación y la experimentación. Es precisamente porque los paradigmas tienen esa influencia persuasiva sobre la ciencia que en ellos se practica por lo que su reemplazo por otro debe ser revolucionario.

En la explicación de Kuhn se tiene en cuenta otra función que es digna de mención. Los paradigmas de Kuhn no son tan precisos como para poder ser reemplazados por un conjunto explícito de reglas, como se dijo anteriormente. Los diferentes científicos o grupos de científicos bien pueden interpretar y aplicar el paradigma de un modo algo diferente. Enfrentados a la misma situación, no todos los científicos tomarán la misma decisión ni adoptarán la misma estrategia. Eso tiene la ventaja de que se multiplicará el número de estrategias intentadas. Así, los riesgos se distribuyen por toda la comunidad científica y las probabilidades de tener éxito a largo plazo aumentan. «¿De qué otro

modo», se pregunta Kuhn, «podría el grupo en su totalidad cubrir sus apuestas?»¹⁰.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

Por supuesto, la principal obra de Kuhn es *The structure of scientific revolutions*. La edición de 1970 (Chicago, Chicago University Press) contiene una *Posdata* en la que se afinan y modifican en cierta medida sus opiniones. La modificación que introduce Kuhn en su idea original de paradigma se analiza con más detalle en «Second thoughts on paradigms», en *The structure of scientific theories*, compilado por F. Suppe (Urbana, University of Illinois Press, 1973), pp. 459-82. *Criticism and the growth of knowledge*, compilado por I. Lakatos y A. Musgrave (Cambridge, Cambridge University Press, 1974) contiene artículos que suponen un enfrentamiento entre los enfoques popperiano y kuhniano de la ciencia. Kuhn compara sus opiniones con las de Popper en «Logic of discovery or psychology of research?», páginas 1-23, y replica a sus críticos popperianos en «Reflections on my critics», pp. 231-78. Hay una recopilación más reciente de ensayos de Kuhn: *The essential tension: selected studies in scientific tradition and change*, Chicago, Chicago University Press, 1977. La medida en que la postura de Kuhn es fundamentalmente sociológica resulta muy evidente en su «Comment [on the relation between science and art]», *Comparative Studies in Society and History*, 11, 1969, pp. 403-12. D. Bloor defiende a Kuhn contra Lakatos en «Two paradigms of scientific knowledge?», *Science Studies*, 1, 1971, pp. 101-15. Para un intento de axiomatizar la concepción científica de Kuhn (!) por parte de J. Sneed y un análisis de dicho intento por parte de Kuhn y W. Stegmüller, véanse las Actas del 5.º Congreso Internacional de Lógica, Metodología y Filosofía de la Ciencia en Londres, Ontario, agosto-septiembre de 1975.

¹⁰ I. Lakatos y A. Musgrave, comps., *Criticism and the growth of knowledge*, Cambridge, Cambridge University Press, 1974.

9. RACIONALISMO CONTRA RELATIVISMO

En los dos capítulos anteriores he resumido dos análisis contemporáneos de la ciencia que difieren en aspectos fundamentales. Lakatos y Kuhn ofrecen distinciones contrapuestas entre ciencia y no ciencia o pseudociencia. El enfrentamiento entre las opiniones de Kuhn, por un lado, y las de Lakatos, y también de Popper, por otro, ha dado lugar a un debate sobre dos posturas opuestas, asociadas con los términos «racionalismo» y «relativismo», respectivamente. El debate gira en torno a cuestiones tales como la valoración y la elección de la teoría y a las formas de demarcar la ciencia de la no ciencia. En este capítulo definiré primero dos posturas que representan los dos polos del debate, polos a los que me referiré como racionalismo y relativismo, respectivamente. Luego procederé a analizar en qué medida pueden ser legítimamente descritos Lakatos y Kuhn como racionalistas o relativistas.

En la sección final comenzaré sembrando algunas dudas sobre los términos en que se ha planteado el debate.

1. RACIONALISMO

El racionalista radical asegura que hay un solo criterio, universal e intemporal, por el cual deben ser juzgados los méritos relativos de las teorías rivales. Por ejemplo, un inductivista podría tomar como criterio universal el grado de apoyo inductivo que recibe una teoría de unos hechos aceptados, mientras que un falsacionista podría basar su criterio en el grado de falsabilidad de teorías no falsadas. Dejando a un lado los detalles de la formulación del criterio racionalista, un rasgo importante de éste es su uni-

versalidad y su carácter ahistórico. El criterio universal será invocado cuando se juzguen los méritos relativos de la física de Aristóteles y la astronomía de Demócrito, Tolomeo y Copérnico, la psicología conductista y la freudiana o las teorías de la gran explosión y del estado estacionario del universo. El racionalista radical considera que las decisiones y elecciones de los científicos están guiadas por el criterio universal. El científico radical rechazará las teorías que no le satisfagan y, cuando tenga que elegir entre dos teorías rivales, elegirá la que le satisfaga mejor. El racionalista típico creerá que las teorías que cumplen las exigencias del criterio universal son verdaderas, o aproximadamente verdaderas, o probablemente verdaderas¹. La cita de las pp. 22-23 describe cómo reaccionaría un científico que fuera «sobrehumano» en la medida en que siempre actuara racionalmente, de acuerdo con un racionalista inductivista.

La distinción entre ciencia y no ciencia está clara para el racionalista. Sólo son científicas las teorías que pueden ser claramente valoradas en términos del criterio universal y que sobreviven a la prueba. Así pues, un racionalista inductivista podría decidir que la astrología no es una ciencia porque ésta no es inductivamente derivable de los hechos observados, mientras que un falsacionista podría decidir que el marxismo no es científico porque no es falsable. El racionalista típico pensará que es evidente que hay que conceder un gran valor al conocimiento desarrollado de acuerdo con el criterio universal. Esto sucederá especialmente si se entiende que el proceso conduce a la verdad. La verdad, la racionalidad y, por consiguiente, la ciencia son consideradas intrínsecamente buenas.

II. RELATIVISMO

El relativista niega que haya un criterio de racionalidad universal y ahistórico por el cual una teoría pueda ser juzgada

¹ La noción de verdad es problemática. Será analizada con cierto detalle en el capítulo 13.

mejor que otra. Lo que se considera mejor o peor con respecto a las teorías científicas varía de un individuo a otro o de una comunidad a otra. La finalidad de la búsqueda de conocimientos dependerá de lo que sea importante o valioso para el individuo o la comunidad en cuestión. Por ejemplo, normalmente en las sociedades capitalistas occidentales se dará gran importancia a la finalidad de adquirir un control material sobre la naturaleza, pero en una cultura en la que el conocimiento esté destinado a producir sentimientos de contento o paz se le concederá poca importancia.

La máxima del antiguo filósofo griego Protágoras, «el hombre es la medida de todas las cosas», expresa un relativismo con respecto a los individuos, mientras que la observación de Kuhn, «no hay ninguna norma superior a la aprobación de la comunidad correspondiente», expresa un relativismo con respecto a las comunidades². Las descripciones del progreso y las especificaciones de los criterios para juzgar los méritos de las teorías serán siempre relativas al individuo o la comunidad que las suscriba.

Las decisiones y las elecciones de los científicos o grupos de científicos estarán regidas por los valores de estos individuos o grupos. En una situación de elección concreta no hay un criterio universal que dicte la decisión lógicamente obligatoria para el científico «racional». La comprensión de la elección hecha por un determinado científico requerirá la comprensión de lo que valora ese científico y conllevará una investigación psicológica, mientras que las elecciones hechas por una comunidad dependerán de lo que ésta valore, y la comprensión de estas elecciones conllevará una investigación sociológica. La explicación que da Boris Hessen a la adopción de la física newtoniana en el siglo XVII como respuesta a las necesidades tecnológicas de la época puede ser interpretada como una explicación relativista con respecto a las comunidades, mientras que

² La observación de Kuhn figura en la p. 94 de *The structure of scientific revolutions*. En la sección IV se analizará si expresa convenientemente su punto de vista global.

la afirmación de Feysabend de que es la «conexión interna de todas las partes del sistema (copernicano), junto con su creencia en la naturaleza básica del movimiento circular, lo que hace que Copérnico declare real el movimiento de la tierra» es una observación que se ajusta al relativismo con respecto a los individuos¹.

Dado que para el relativista los criterios para juzgar los méritos de las teorías dependerán de los valores o intereses del individuo que los sustente, la distinción entre ciencia y no ciencia variará en consecuencia. Así pues, una teoría de las mareas basada en la atracción de la luna era ciencia buena para los newtonianos, pero rozaba el misticismo ocultista para Galileo, mientras que en la sociedad contemporánea la teoría marxista del cambio histórico es ciencia buena para unos y propaganda para otros. Para el relativista radical, la distinción entre ciencia y no ciencia resulta mucho más arbitraria y menos importante que para el racionalista. Un relativista negará que haya una categoría única, la «ciencia», intrínsecamente superior a otras formas de conocimiento, aunque pueda que haya individuos o grupos que concedan un gran valor a lo que normalmente se conoce como ciencia. Si la «ciencia» (el relativista podría sentirse inclinado a poner la palabra entre comillas) está muy considerada en nuestra sociedad, esto es algo que debe ser comprendido analizando nuestra sociedad, y no simplemente analizando la naturaleza de la ciencia.

Teniendo como punto de referencia estas caricaturas del racionalismo y el relativismo, consideremos ahora dónde encajan Lakatos y Kuhn en este cuadro.

¹ El artículo de Hessen, «The social and economic roots of Newton's *Principia*», figura en N. I. Bujarin et al., *Science at crossroads*, Londres, Cass, 1971, pp. 149-212. La cita de Feysabend está tomada de su *Science in a free society*, Londres, New Left Books, 1978, p. 50.

III. LAKATOS EL RACIONALISTA

Algunos de los escritos de Lakatos indican que pretendía defender una postura en cierto modo similar a la que he etiquetado como racionalista, y que contemplaba con horror la postura a la que he etiquetado como relativismo, de la cual atribuía una versión a Kuhn. Según Lakatos, el debate «afecta a nuestros valores intelectuales fundamentales»⁴. Lakatos afirmaba explícitamente que el «problema central de la filosofía de la ciencia es... el problema de enunciar las condiciones *universales* en las que una teoría es científica», problema que está «estrechamente unido al problema de la racionalidad de la ciencia» y cuya solución «debería servirnos de guía con respecto a cuándo es racional aceptar una teoría científica y cuándo no lo es»⁵. En opinión de Lakatos, una postura relativista según la cual no hay criterio superior al de la comunidad correspondiente no nos deja ninguna posibilidad de criticar ese criterio. Si «no hay forma de juzgar una teoría a no ser evaluando el número, la fe y la energía vocal de sus defensores», entonces la verdad reside en la fuerza⁶, el cambio científico se convierte en asunto de «psicología de masas» y el progreso científico consiste esencialmente en «subirse al carro»⁷. A falta de criterios racionales que guíen la elección de una teoría, el cambio de teoría resulta similar a la conversión religiosa⁸.

La retórica de Lakatos no deja, pues, mucho lugar a dudas acerca de su deseo de defender una postura racionalista y de su rechazo de la postura relativista. Hagamos

⁴ I. Lakatos y A. Musgrave, comps., *Criticism and the growth of knowledge*, Cambridge, Cambridge University Press, 1974, p. 93.

⁵ J. Worrall y G. Currie, comps., *Imre Lakatos, Philosophical papers. Volume I: The methodology of scientific research programmes*, Cambridge, Cambridge University Press, 1978, pp. 168-69, subrayado en el original.

⁶ Lakatos y Musgrave, 1974, p. 93.

⁷ *Ibid.*, p. 178.

⁸ *Ibid.*, p. 93.

una cuidadosa valoración de la medida en que consiguió defender una postura racionalista.

El criterio universal de Lakatos para valorar las teorías se desprende de su principio de que «la metodología de los programas de investigación científica es más adecuada para aproximarse a la verdad en nuestro universo que cualquier otra metodología»⁹. La ciencia progresa a través de la competencia entre programas de investigación. Un programa de investigación es mejor que un rival si es más progresista, dependiendo la naturaleza progresista de un programa de su grado de coherencia y de la medida en que lleva a nuevas predicciones satisfactorias, como vimos en el capítulo 7. La finalidad de la ciencia es la verdad y, según Lakatos, la metodología de los programas de investigación proporciona el mejor medio de valorar en qué medida hemos conseguido aproximarnos a ella.

«Doy [habla Lakatos] criterios de progresión y estancamiento dentro de un programa y también reglas para la "eliminación" de programas de investigación enteros»¹⁰. Al definir los criterios de racionalidad, «la metodología de los programas de investigación podría ayudarnos a proyectar leyes para detener... la contaminación intelectual»¹¹. Observaciones como ésta indican que Lakatos pretendía proponer un criterio universal para juzgar los programas de investigación en particular y el progreso científico en general.

Aunque Lakatos proponía lo que pretendía ser un criterio universal de la racionalidad o la científicidad, no consideraba este criterio como una mera consecuencia de la lógica o como un don de Dios. Lo consideraba como una conjetura comprobable. La exactitud de la conjura ha de ser comprobada confrontándola con la historia de la ciencia, o más precisamente, dada la labor histórica realizada por Lakatos y sus seguidores, confrontándola con la historia de la física¹². A grandes rasgos, una metodología pro-

⁹ Worrall y Currie, 1978, vol. 1, p. 165, n. 2.

¹⁰ *Ibid.*, p. 112.

¹¹ Lakatos y Musgrave, 1974, p. 176.

¹² Los detalles de la forma en que Lakatos pensaba que su me-

puesta (y las descripciones a ella asociadas de lo que constituye el progreso) ha de ser juzgada por la medida en que es capaz de explicar la ciencia «buena» y su historia. A primera vista, este modo de proceder parece un círculo vicioso. La metodología determina qué teorías de la historia de la física constituyen la buena física, cuando es precisamente con estas buenas teorías con las que hay que contrastar la metodología. Sin embargo, dados los detalles de la explicación de Lakatos y la clarificación que de la misma ofrece Worrall, esto no es así. Hay formas reales en que las pruebas de la historia de la física pueden respaldar o refutar la metodología de Lakatos. La teoría de Lakatos se vería respaldada si se pudiera demostrar que ciertos episodios de la historia de la ciencia que son inexplicables en términos de metodologías rivales son explicables en términos de la metodología de los programas de investigación. Por ejemplo, el estudio de Worrall sobre el rechazo de la teoría ondulatoria de la luz de Thomas Young y la aceptación de la teoría corpuscular de Newton a comienzos del siglo XIX respalda la explicación de Lakatos. El rechazo de la teoría de Young, que plantea problemas desde el punto de vista de las metodologías rivales y que había sido explicada por teorías fácilmente refutables, como un llamamiento al culto de Newton, está, según demuestra Worrall, de total acuerdo con la metodología de Lakatos. Una segunda forma en que posiblemente podría ser respaldada la metodología de Lakatos es la siguiente: la metodología podría servir para identificar un programa que recibiese un fuerte apoyo de la comunidad científica pero no se ajustase a la metodología de los programas de investigación, y esta identificación podría llevar posteriormente al nuevo descubrimiento de

la metodología debía ser contrastada con la historia de la física figuran en su ensayo «History of science and its rational reconstructions», reeditado por Worrall y Currie, 1978, vol. 1, pp. 102-38, y clarificado y mejorado por John Worrall en la sección 5 de su «Thomas Young and the "refutation" of Newtonian optics: a case study of the interaction of philosophy of science and history of science», en C. Howson, comp., *Method and appraisal in the physical sciences*, Cambridge, Cambridge University Press, 1976, pp. 107-79.

alguna causa externa, tal como la intervención de un gobierno o un monopolio industrial. Si un episodio de la historia de la ciencia no se ajusta a la metodología de Lakatos y no se puede encontrar ninguna explicación externa, respaldada por datos independientes, esto constituiría una prueba en contra de la metodología, especialmente si una metodología rival pudiera hacer frente con más éxito al ejemplo histórico.

Lakatos ofrece, pues, un criterio universal de racionalidad que es conjetural y ha de ser contrastado con la historia de la ciencia. Además, se afirma que su criterio ha sido contrastado con episodios de los últimos doscientos años, aproximadamente, de la historia de la física con más éxito que los criterios rivales que han sido propuestos. Los estudios de casos históricos realizados por Lakatos y sus seguidores respaldan ciertamente en alguna medida esta última afirmación.

Algunas de las observaciones de Lakatos sugieren que su criterio de racionalidad pretendía guiar la elección de teoría. Esto es lo que sugieren las frases citadas anteriormente en esta sección, que indican que Lakatos esperaba dar reglas para eliminar los programas de investigación y detener la contaminación intelectual. Sin embargo, pese a observaciones como éstas, la metodología de Lakatos no es capaz de dar consejos a los científicos, y Lakatos lo reconoció¹³. En especial, el hecho de que los científicos adopten los programas progresistas y abandonen los degeneradores no es una consecuencia de la metodología de Lakatos. Siempre es posible que un programa degenerador haga de nuevo su aparición en escena. «Sólo se puede ser "sabio"

¹³ «Por supuesto, no prescribo al científico lo que debe tratar de hacer en una situación caracterizada por dos programas de investigación progresistas rivales... Pero una vez lo hayan hecho, puedo juzgar: puedo decir si han hecho o no progresos. Lo que no puedo —ni deseo— es aconsejarles acerca de qué es exactamente lo que debería preocuparles y en qué dirección deberían buscar el progreso.» I. Lakatos, «Replies to critics», en *Boston studies in the philosophy of science*, vol. 8, R. Buck y R. S. Cohen, comps., Dordrecht, Reidel Publishing Co., 1971, p. 178, subrayado en el original.

a posteriori... Es preciso darse cuenta de que el adversario, aun cuando esté muy rezagado, puede aparecer de nuevo en escena. No hay ventaja para uno de los bandos que pueda ser considerada como absolutamente decisiva»¹⁴. En consecuencia, «es posible aferrarse racionalmente a un programa degenerador hasta que éste sea superado por un rival e incluso después»¹⁵. Aun cuando la metodología de Lakatos incluya una definición de aquello en lo que ha consistido el progreso en la física moderna, no sirve de guía a quienes pretenden realizar tal progreso. Su metodología «es más una guía para el historiador de la ciencia que para el científico»¹⁶. Lakatos no consiguió ofrecer la explicación racionalista de la historia que, como muchas de sus observaciones indican, pretendía dar.

De acuerdo con Lakatos, un campo de estudio es una ciencia si se ajusta a la metodología de los programas de investigación científica y no lo es si no se ajusta, teniendo presente que es una conjetura que hay que contrastar con la historia de la física. Es evidente que Lakatos daba por sentado que la física constituye el paradigma de la racionalidad y la buena ciencia. Suponía, sin argumentos, que la ciencia, ejemplificada por la física, es superior a otras formas de conocimiento que no comparten sus características metodológicas. En cierto lugar, describía como plausible el enunciado de que «la física posee más verosimilitud que la astrología» y se preguntaba por qué no habría de ser aceptado mientras no se ofreciera una alternativa seria¹⁷. Esto pone de relieve un grave fallo de su filosofía. Lakatos presentaba su metodología como una respuesta a la necesidad de distinguir entre racionalidad y racionalidad, detener la contaminación intelectual y arrojar luz sobre cuestiones «de vital importancia social y política», tales como el estatuto del marxismo o de las investigaciones

¹⁴ Worrall y Currie, 1978, vol. 1, p. 113, subrayado en el original.

¹⁵ *Ibid.*, p. 117, subrayado en el original.

¹⁶ *Ibid.*, p. 154.

¹⁷ *Ibid.*, p. 166.

contemporáneas en materia de genética¹⁸. Parece como si una buena parte de la respuesta hubiera sido asumida por él desde el principio y sin argumentos. Lakatos suponía que cualquier campo de estudio que no comparta las principales características de la física no es ciencia y es inferior a ella desde el punto de vista de la racionalidad¹⁹.

IV. KUHN EL RELATIVISTA

Kuhn menciona una serie de criterios que pueden ser utilizados para juzgar si una teoría es mejor que otra rival. Entre éstos figuran «la exactitud de la predicción y especialmente de la predicción cuantitativa, el equilibrio entre temas esotéricos y temas cotidianos y el número de problemas resueltos», así como, aunque estos criterios no sean tan importantes, «la sencillez, el alcance y la compatibilidad con otras especialidades»²⁰. Criterios como éstos constituyen los valores de la comunidad científica. El medio por el que estos valores son especificados «debe, en última instancia, ser psicológico o sociológico. Es decir, debe ser una descripción de un sistema de valores, una ideología, junto con un análisis de las instituciones a través de las cuales se transmite y aplica este sistema»²¹. «No hay ninguna norma superior a la aprobación de la comunidad correspondiente»²². Estos aspectos de la postura de Kuhn se ajustan a mi definición del relativismo. La superioridad o no de una teoría sobre otra debe ser juzgada en relación con los criterios de la comunidad correspondiente, criterios que variarán normalmente con el marco cultural e his-

¹⁸ Véase, por ejemplo, su ensayo «Science and pseudo-science», en Worrall y Currie, 1978, vol. 1, pp. 1-7.

¹⁹ Feyerabend, en «On the critique of scientific reason», en Howson, 1976, pp. 309-39, distingue entre las preguntas «¿Qué es la ciencia?» y «¿Qué hay de grande en la ciencia?» y observa que Lakatos no ofrece nada en concepto de respuesta a la segunda pregunta.

²⁰ *The structure of scientific revolutions*, p. 154.

²¹ Lakatos y Musgrave, 1974, p. 21.

²² *The structure of scientific revolutions*, p. 94.

tórico de la comunidad. El relativismo de Kuhn queda de manifiesto en las frases finales de la posdata a *The structure of scientific revolutions*: «El conocimiento científico, como el lenguaje, es intrínsecamente la propiedad común de un grupo o no es nada. Para comprenderlo tendríamos que conocer las características especiales del grupo que lo crea y lo usa»²³.

Kuhn niega ser un relativista. Respondiendo a la acusación de serlo, escribe: «Las teorías científicas posteriores son mejores que las anteriores para resolver enigmas en los medios a menudo muy diferentes a los que se aplican. Esta no es la postura de un relativista y muestra en qué sentido creo firmemente en el progreso humano»²⁴. De esto se podría deducir que Kuhn es un racionalista que especifica un criterio universal por el cual se pueden juzgar los méritos relativos de las teorías, es decir, la capacidad de resolver problemas. No creo que se pueda sostener la afirmación de Kuhn de que su postura no es relativista. El mismo observa que las consideraciones basadas en la capacidad de resolver problemas no son «vinculantes ni individual ni colectivamente» por lo que respecta a los méritos relativos de los paradigmas contrapuestos, y que «las consideraciones estéticas (de acuerdo con las cuales se dice que la nueva teoría es "más clara", "más conveniente" o "más sencilla" que la antigua) pueden a veces ser decisivas»²⁵. Esto nos lleva de nuevo a una postura relativista. Otro problema del criterio universal de progreso basado en la capacidad de resolver problemas es la dificultad de especificar esta idea en una forma no relativista. La propia explicación que ofrece Kuhn de la ciencia implica que lo que se considere como problema dependerá del paradigma o de la comunidad. Mi ejemplo favorito se refiere a la determinación en el siglo XIX de los pesos atómico y molecular de elementos y compuestos que se encuentran en la naturaleza. Su determinación exacta constituyó un importante problema en la época. Desde el

²³ *Ibid.*, p. 210.

²⁴ *Ibid.*, p. 206.

²⁵ *Ibid.*

punto de vista del siglo XX, se puede apreciar que los compuestos que se encuentran en la naturaleza contienen lo que, desde el punto de vista de la química teórica, es una mezcla arbitraria y teóricamente poco interesante de isótopos, de forma que, como observa F. Soddy, el trabajo esfuerzo de los químicos del siglo XIX «parece algo de tan poco interés y significado como la determinación del peso medio de una colección de botellas, algunas de ellas llenas y otras más o menos vacías»²⁶.

Aunque Kuhn mantiene que la ciencia progresa en algún sentido, es muy poco ambiguo cuando rechaza que se pueda decir que progresa hacia la verdad en un sentido bien definido. En el capítulo 13 trataré de explicar por qué estoy de acuerdo con él en este punto.

En la cuestión de la elección de teoría, Kuhn insiste en que no hay criterios de elección que sean lógicamente vinculantes. «No hay un algoritmo neutral para elegir una teoría, ni un procedimiento de decisión sistemático que, debidamente aplicado, deba llevar a cada individuo del grupo a la misma decisión»²⁷. Dentro de una comunidad científica existirán valores sancionados por la comunidad que guíen la elección de cada científico, incluyendo la exactitud, el alcance, la sencillez, la fecundidad, etc. Los científicos que sustenten estos valores podrán hacer elecciones diferentes en la misma situación concreta. Esto se debe a que pueden atribuir diferente importancia a los diversos valores, y también pueden aplicar el mismo criterio de forma diferente en la misma situación concreta.

Para Kuhn, el hecho de que un campo pueda ser o no calificado como ciencia depende de que se ajuste o no a la concepción de ciencia ofrecida en *The structure of scientific revolutions*. El rasgo más importante de un campo de estudio con respecto a la distinción entre ciencia y no ciencia, afirma Kuhn, es la medida en que este campo es capaz de respaldar una tradición científica normal. En palabras

²⁶ Citado por Lakatos en Lakatos y Musgrave, 1974, p. 140.

²⁷ *The structure of scientific revolutions*, p. 200.

de Kuhn, «es difícil encontrar otro criterio que proclame tan claramente que un campo es una ciencia»²⁸.

El criterio de demarcación de Kuhn ha sido criticado por Popper sobre la base de que hace excesivo hincapié en el papel de la crítica en la ciencia; por Lakatos porque, entre otras cosas, pierde de vista la importancia de la competencia entre programas de investigación (o paradigmas), y por Feyerabend sobre la base de que la distinción de Kuhn lleva a la conclusión de que el crimen organizado y la filosofía de Oxford pueden ser calificados como ciencias²⁹.

Al igual que Lakatos, Kuhn no mantiene que la ciencia sea superior a otros campos de estudio, pero lo supone. De hecho, sugiere que si una teoría de la racionalidad chocara con la ciencia, entonces tendríamos que cambiar nuestra teoría de la racionalidad. «Suponer, por el contrario, que poseemos criterios de racionalidad independientes de nuestra comprensión de los fundamentos del progreso científico es abrir la puerta al país de los tontos»³⁰. Este gran respeto por la ciencia, como ejemplo de racionalidad, que Kuhn comparte con Lakatos, es, creo yo, el único aspecto en el que la postura de Kuhn difiere del relativismo tal como lo he descrito.

El uso por Lakatos de términos tales como miedo contagioso con referencia a la descripción de los estados de crisis de Kuhn y «psicología de masas» con referencia a su descripción de las revoluciones es excesivo. Sin embargo, hay un fondo de verdad en ellos. En la explicación que da Kuhn de la ciencia los valores que operan en el proceso de la ciencia y determinan la aceptación y el rechazo de las teorías han de ser discernidos mediante análisis psicológicos de la comunidad científica. Cuando a esto se suma el supuesto de que la ciencia contemporánea es el *súmmum* de la racionalidad, tenemos una postura conservadora. La

²⁸ *Ibid.*, p. 22.

²⁹ La crítica de Popper figura en su «Normal science and its dangers», en Lakatos y Musgrave, 1974, pp. 51-58; la de Lakatos en *ibid.*, p. 155, y la de Feyerabend en *ibid.*, pp. 200-201.

³⁰ Lakatos y Musgrave, 1974, p. 264.

postura de Kuhn no nos deja ninguna posibilidad de criticar las decisiones y el modo de operar de la comunidad científica. Aunque el análisis sociológico es básico en la explicación de Kuhn, éste apenas entra en el terreno de la teoría sociológica y no ofrece ninguna sugerencia sobre el modo de distinguir las formas aceptables de llegar a un consenso de las inaceptables. La explicación de Lakatos resulta algo mejor en este aspecto, en la medida en que ofrece un medio con el cual podrían ser criticadas algunas decisiones de la comunidad científica.

Los análisis de este capítulo podrían quizá ser resumidos diciendo que Lakatos pretendía dar una explicación racionalista de la ciencia pero fracasó, mientras que Kuhn negaba que pretendiera dar una explicación relativista de la ciencia, pero sin embargo la dio.

V. HACIA UN CAMBIO EN LOS TERMINOS DEL DEBATE

En este capítulo el análisis del racionalismo y el relativismo se ha ocupado casi exclusivamente de las evaluaciones y los juicios acerca de determinados aspectos del conocimiento. Hemos considerado varios análisis del tipo de criterios que permiten a los individuos o grupos juzgar si una teoría es mejor que otra o si un determinado conjunto de conocimientos es o no científico. La conveniencia de este tipo de cuestión para comprender la naturaleza de la ciencia de una forma fundamental es puesta en duda cuando se señala que hay lo que parece ser una distinción muy clara entre un estado de cosas y los juicios acerca de ese estado de cosas hechos por individuos o grupos. ¿No es acaso posible, por ejemplo, que una teoría sea mejor, en el sentido de estar más cerca de la verdad, de resolver mejor un problema, de ser un instrumento mejor de predicción o de cualquier otra cosa, que otra rival, aun cuando ningún individuo o grupo la juzgue así? ¿No puede acaso suceder que individuos o grupos se equivoquen en sus juicios acerca de la naturaleza o el estatuto de una teoría? El planteamiento de este tipo de preguntas sugiere que podría

haber una forma de analizar la ciencia, sus objetivos y su modo de progreso que se centrara en los rasgos de la propia ciencia, al margen de lo que los individuos o grupos pudieran pensar. En el próximo capítulo prepararé el terreno para un análisis de este tipo, y en el capítulo 11 propondré una explicación del cambio de teoría en la física que no dependa de los juicios de los individuos o grupos.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

La fuente clásica para el debate entre Kuhn por un lado y Popper y Lakatos por otro es I. Lakatos y A. Musgrave, *Criticism and the growth of knowledge*, Cambridge, Cambridge University Press, 1979. Una continuación de este volumen es el de G. Radnitzky y G. Anderson, *Progress and rationality in science*, Dordrecht, Reidel Publishing Co., 1978. La postura de Lakatos es analizada y criticada en R. S. Cohen, P. K. Feyerabend y M. W. Wartofsky, *Essays in memory of Imre Lakatos*, Dordrecht, Reidel Publishing Co., 1976. De especial interés es el artículo de Alan Musgrave «Method or madness?», pp. 457-491. La defensa que hace Lakatos de la racionalidad es criticada por Feyerabend en *Against method*, Londres, New Left Books, 1975, capítulo 16, y en su «On the critique of scientific reason», en C. Howson, comp., *Method and appraisal in the physical sciences*, Cambridge, Cambridge University Press, 1976, pp. 309-339. Una exposición muy clara y legible de una postura relativista similar a la de Kuhn es la de Harold I. Brown, *Perception, theory and commitment: the new philosophy of science*, Chicago, University of Chicago Press, 1977. Una explicación relativista de la ciencia en la tradición de la sociología del conocimiento es la de D. Bloor, *Knowledge and social imagery*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1976. Un útil intento de clarificar algunas de las cuestiones del debate entre racionalismo y relativismo es el de Denise Russell, «Scepticism in recent epistemology», *Methodology and science*, 14, 1981, pp. 139-154.

10. OBJETIVISMO

En la forma en que usaré el término, el objetivismo con respecto al conocimiento humano es una concepción que hace hincapié en que los datos del conocimiento, desde las proposiciones simples a las teorías complejas, tienen propiedades y características que trascienden las creencias y los estados de conciencia de los individuos que las conciben y las contemplan. (Estaría en consonancia con la postura objetivista señalar que la misma concepción del objetivismo que estoy presentando en este capítulo puede tener contradicciones o llevar a consecuencias de las que no soy consciente y que no vería con agrado.) El objetivismo se opone a una concepción que llamaré individualismo, según la cual el conocimiento se entiende en términos de las creencias sustentadas por los individuos. Para aclarar qué implica el objetivismo, será conveniente decir primero algo sobre el individualismo y luego compararlo con el objetivismo.

I. INDIVIDUALISMO

Desde el punto de vista individualista, el conocimiento se entiende como un conjunto especial de creencias que son sustentadas por los individuos y residen en sus mentes o cerebros. Esta concepción es respaldada por el uso común. Si digo: «Conozco la fecha en que escribí este párrafo en concreto, y tú no», me estoy refiriendo a algo que figura entre mis creencias y que en cierto sentido reside en mi mente o cerebro, pero no figura entre tus creencias y está ausente de tu mente o cerebro. Si pregunto: «¿Conoces la primera ley del movimiento de Newton?», estoy plantean-

do una pregunta acerca de lo que tú, como individuo, conoces. Está claro que el individualista que acepta esta forma de entender el conocimiento en términos de creencia no aceptará que todas las creencias constituyen un auténtico conocimiento. Si creo que la primera ley de Newton dice: «Las manzanas caen», entonces simplemente estoy equivocado y mi creencia equivocada no constituye un conocimiento. Para que una creencia figure como auténtico conocimiento, deberá ser posible justificar la creencia demostrando que es verdadera o probablemente verdadera, mediante el recurso a la evidencia apropiada. «El conocimiento, de acuerdo con esta concepción, es una creencia verdadera debidamente evidenciada, o una fórmula similar»¹

Si se considera el conocimiento desde el punto de vista individualista, no es difícil ver cómo surge un problema fundamental. Es el llamado retroceso infinito de las razones, que se remonta al menos hasta Platón. Si hay que justificar un enunciado, habrá que hacerlo recurriendo a otros enunciados que constituyen la evidencia de aquél. Pero esto da lugar al problema de cómo justificar los enunciados que constituyen la evidencia. Si los justificamos mediante el recurso a otros enunciados más evidentes, entonces el problema se repite y continuará repitiéndose a menos que se pueda encontrar una forma de detener este retroceso infinito. Para tomar un ejemplo claro, supongamos que me enfrento al problema de justificar la primera ley de Kepler, según la cual los planetas se mueven en elipses en torno al sol. Si lo hago demostrando que su validez aproximada se deduce de las leyes de Newton, mi justificación estará incompleta a menos que pueda justificar las leyes de Newton. Si intento justificar las leyes de Newton recurriendo a la evidencia experimental, entonces se suscita la cuestión de la validez de la evidencia experimental, y así sucesivamente. Si se quiere evitar el problema del retroceso infinito, parece que lo que se necesita es un con-

¹ D. M. Armstrong, *Belief, truth and knowledge*, Cambridge, Cambridge University Press, 1973, p. 137.

junto de enunciados que no necesiten justificarse mediante el recurso a otros enunciados, sino que en cierto sentido se autojustifiquen. Este conjunto de enunciados constituiría entonces los *fundamentos del conocimiento* y cualquier creencia que quisiera adquirir la condición de conocimiento tendría que ser justificada haciéndola remontarse a los fundamentos.

Si se plantea el problema del conocimiento de esta forma, no es difícil ver cómo surgen dos tradiciones rivales en la teoría del conocimiento: el racionalismo clásico² y el empirismo. En términos generales, podemos argumentar lo siguiente. Los seres humanos tienen dos formas de adquirir conocimientos sobre el mundo: pensar y observar. Si damos prioridad al primer modo sobre el segundo, llegamos a la teoría racionalista clásica del conocimiento, mientras que si damos prioridad al segundo sobre el primero, llegamos a una teoría empirista.

De acuerdo con el racionalista clásico, los verdaderos fundamentos del conocimiento son accesibles a la mente pensante. Las proposiciones que constituyen estos fundamentos se revelan como claras, distintas y evidentemente verdaderas mediante un cuidadoso razonamiento y una contemplación. La ilustración clásica de la concepción racionalista del conocimiento es la geometría euclídea. Los fundamentos de este conjunto de conocimientos son concebidos como axiomas, enunciados tales como: «Dados dos puntos, sólo puede trazarse una línea recta que los una.» De estos axiomas se puede decir plausiblemente que son evidentemente verdaderos (aunque desde un punto de vista moderno algunos de ellos sean falsos a la luz de la teoría de la relatividad general de Einstein). Una vez hayan sido establecidos como verdaderos, todos los teoremas que se sigan deductivamente de ellos serán también verdaderos. Los axiomas evidentes constituyen el fundamento más firme para

² No hay que confundir el racionalismo clásico con el racionalismo al que comparo con el relativismo en el capítulo anterior. Espero que estos usos algo diferentes de la palabra racionalismo no induzcan a error.

justificar el conocimiento geométrico, de acuerdo con el ideal racionalista. El primero de los racionalistas clásicos modernos del tipo que he apuntado aquí fue Descartes.

Para un empirista clásico, los verdaderos fundamentos del conocimiento son accesibles a los individuos por medio de los sentidos. Los empiristas presumen que los individuos pueden establecer que ciertos enunciados son verdaderos enfrentándose al mundo a través de sus sentidos. Los enunciados así establecidos constituyen los fundamentos sobre los cuales se ha de construir el nuevo conocimiento mediante algún tipo de inferencia inductiva. John Locke fue uno de los primeros empiristas modernos. La concepción inductivista de la ciencia esbozada en el capítulo I de este libro representa una marca del empirismo.

II. OBJETIVISMO

El individuo que nace en este mundo nace en un mundo en el que ya existen muchos conocimientos. El que aspire a convertirse en un físico, tendrá que enfrentarse a un conjunto de conocimientos que representa el estado actual de desarrollo de la física, con buena parte del cual necesitará estar familiarizado si quiere hacer una contribución al campo. El objetivista da prioridad, en su análisis del conocimiento, a las características de los elementos o conjuntos de conocimientos con que se enfrentan los individuos, independientemente de las actitudes, creencias u otros estados subjetivos de esos individuos. En términos generales, el conocimiento es tratado como algo que está fuera, y no dentro, de las mentes o cerebros de los individuos.

La postura objetivista puede ser ilustrada haciendo referencia a proposiciones muy sencillas. En un lenguaje dado, las proposiciones tienen propiedades sean o no los individuos conscientes de ellas, lo crean o no. Por ejemplo, la proposición «Mi gato y yo vivimos en una casa donde no hay ningún animal» tiene la propiedad de ser contradictoria, mientras que las proposiciones «Tengo un gato»

y «Hoy murió un conejillo de Indias» tienen la propiedad de ser consecuencias de la proposición «Mi gato blanco mató hoy al conejillo de Indias de alguien». En estos ejemplos sencillos, el hecho de que las proposiciones tienen las propiedades que he seleccionado será bastante obvio para todo el que las contemple, pero esto no tiene por qué ser así. Por ejemplo, un abogado en un juicio por asesinato, tras un análisis minucioso, puede descubrir el hecho de que la declaración de un testigo contradice a la de otro. Cuando esto sucede, sucede independientemente de lo que pretendieran los testigos o de que fueran o no conscientes de ello o lo creyeran. Y, lo que es más, si el abogado de nuestro ejemplo no hubiera descubierto la contradicción, ésta habría permanecido oculta y nadie habría sido jamás consciente de ella. Sin embargo, el hecho de que las declaraciones de los dos testigos eran contradictorias seguiría en pie. Las proposiciones pueden, pues, tener propiedades independientemente de aquello de lo que cualquier individuo pueda ser consciente. Tienen propiedades «objetivas».

El laberinto de proposiciones implícitas en un conjunto de conocimientos en una etapa determinada de su desarrollo tendrá, de forma similar, propiedades de las que los individuos que trabajan en ellas no serán conscientes. La estructura teórica que constituye la física moderna es tan compleja que claramente no puede ser identificada con las creencias de un solo físico o grupo de físicos. Muchos científicos contribuyen de forma personal, con sus experiencias personales, al desarrollo y la articulación de la física, del mismo modo que muchos trabajadores combinan sus esfuerzos en la construcción de una catedral. Y así como un reparador de campanarios puede ser felizmente inconsciente de las implicaciones de algún inquietante descubrimiento hecho por los obreros que excavan los cimientos de la catedral, así también un altivo teórico puede ser inconsciente de la importancia de algún nuevo hallazgo experimental para la teoría en la que trabaja. En ambos casos pueden existir relaciones objetivas entre partes de la estructura independientemente de que haya o no individuos conscientes de esa relación.

Un fuerte tanto a favor de la postura objetivista es que las teorías científicas pueden tener, y a menudo tienen, consecuencias no deseadas por los proponentes originales de la teoría, de las cuales éstos eran inconscientes. Estas consecuencias, tales como la predicción de un nuevo tipo de fenómeno o un conflicto inesperado con alguna otra área de la teoría, existen como propiedades de la nueva teoría que la posterior práctica científica ha de descubrir. Así, Poisson pudo descubrir y demostrar que la teoría ondulatoria de la luz de Fresnel tenía como consecuencia el hecho de que debía haber una mancha brillante en el centro del lado oscuro de un disco iluminado, consecuencia de la que el propio Fresnel había sido inconsciente. También se descubrieron diversos desacuerdos entre la teoría de Fresnel y la teoría de las partículas de Newton, a la que desafió. Por ejemplo, la primera predecía que la luz debía viajar más de prisa en el aire que en el agua, mientras que la segunda predecía que la velocidad debía ser mayor en el agua. Episodios como éstos proporcionan pruebas convincentes de que las teorías científicas tienen una estructura objetiva externa a las mentes de los científicos y de que tienen propiedades que se pueden o no descubrir o mostrar y que los científicos individuales o los grupos de científicos pueden o no entender debidamente. He aquí un ejemplo ligeramente más detallado, que servirá para subrayar esta cuestión y nos llevará a otra con la que está relacionada.

Cuando Clerk Maxwell desarrolló su teoría electromagnética en la década de 1860, tenía en mente varios propósitos explícitos. Uno de ellos era el de desarrollar una explicación mecánica de los fenómenos electromagnéticos. Maxwell deseaba asentar la teoría de Faraday, que implicaba conceptos como «líneas de fuerza», etc., sobre lo que él consideraba como una base más segura, reduciéndola a una teoría mecánica de un éter mecánico. En el curso de sus trabajos, Maxwell encontró conveniente introducir un nuevo concepto, el de corriente de desplazamiento. Una de las consecuencias más atractivas de este paso fue que llevó a la posibilidad de una explicación electromagnética de la

naturaleza de la luz, como Maxwell pudo mostrar. Las cuestiones que quiero subrayar en este contexto son las siguientes. En primer lugar, Maxwell fue siempre inconsciente de una de las consecuencias más espectaculares de su teoría, a saber, que predecía un nuevo tipo de fenómeno, las ondas de radio, que se pueden generar por oscilación de fuentes eléctricas³. Fue G. F. Fitzgerald quien en 1881, dos años después de la muerte de Maxwell, descubrió y demostró de manera clara, tras unas cuantas salidas en falso, que la teoría de Maxwell tenía de hecho esta consecuencia, a pesar de que Maxwell no se diera cuenta de ella. La segunda cuestión es que la formulación de la teoría electromagnética por parte de Maxwell iba a ser el primer paso hacia el socavamiento de la tesis de que hay que explicar todo el mundo físico como un sistema material regido por las leyes de Newton, tesis que Maxwell y su escuela apoyaban fervientemente. La relación objetiva entre la teoría de Newton y la de Maxwell es tal que la última no se puede reducir a la primera, aunque este hecho no fue apreciado hasta las primeras décadas del siglo xx. El programa de reducir el electromagnetismo a la mecánica del éter, cuya deseabilidad impuso un consenso en la escuela maxwelliana, era un programa condenado desde el principio.

Se puede decir mucho más de este ejemplo, que apoya la afirmación de que las situaciones problemáticas tienen una existencia objetiva. Mientras maxwellianos como Oliver Lodge y Joseph Larmor intentaban idear modelos de éter, algunos físicos del continente habían concebido otro programa que procedía de la teoría de Maxwell. H. A. Lorentz en Holanda y H. Hertz en Alemania se dieron cuenta de que la teoría de Maxwell se podía extender y aplicar con éxito a situaciones nuevas ignorando el éter mecánico que

³ Para una defensa de esta controvertida afirmación, véase A. F. Chalmers, «The limitations of Maxwell's electromagnetic theory», *Isis*, 64, 1973, pp. 469-83. Para detalles sobre el intento de Maxwell de reducir el electromagnetismo a la mecánica de un éter, véase A. F. Chalmers, «Maxwell's methodology and his application of it to electromagnetism», *Studies in History and Philosophy of Science*, 4, 1973, pp. 107-64.

supuestamente subyacía a las cantidades de campo e investigando y concentrándose en las propiedades de los campos tal y como se interrelacionaban mediante las ecuaciones de Maxwell. Este camino resultó muy fructífero y finalmente condujo a la teoría de la relatividad especial de Einstein. Lo que hay que subrayar aquí es que el programa que en realidad perseguían Lorentz, Hertz y otros ya estaba presente en los escritos de Maxwell en forma de una posibilidad objetivamente existente, posibilidad que no captaron plenamente los maxwellianos pero sí Lorentz.

Popper ha establecido una analogía entre las situaciones problemáticas que existen objetivamente en la ciencia y un nidal de su jardín. El nidal representa una situación problemática que existe de manera objetiva y una posibilidad para los pájaros. Un día puede que algunos pájaros capturen la posibilidad, resuelvan el problema y utilicen el nidal para construir un nido. El problema y la posibilidad existen para los pájaros, respondan a ellos o no. De manera similar, las situaciones problemáticas existen dentro de la estructura teórica de una ciencia, sean o no apreciadas y aprovechadas por los científicos. El hecho de que las situaciones problemáticas proporcionen posibilidades objetivas ayuda a explicar los muchos ejemplos de descubrimientos simultáneos habidos en la ciencia, tales como el «descubrimiento» simultáneo de la ley de la conservación de la energía por diversos investigadores independientes entre sí a finales de la década de 1840. Cuando traten de cuestiones referentes al estatuto de una teoría o un programa de investigación, los objetivos centrarán, pues, su atención en los rasgos de esas teorías o programas, más que en las creencias, los sentimientos u otras actitudes de los individuos o grupos que trabajan en ellos. Se preocuparán, por ejemplo, por la relación entre la teoría de Newton y la de Galileo, y se interesarán de forma especial en demostrar en qué sentido se puede decir que la primera es un avance sobre la segunda. No se preocuparán por cuestiones relacionadas con las actitudes de Galileo o Newton hacia sus teorías. Que Galileo creyera o no firmemente en la verdad de sus teorías no será de fundamental importancia para

comprender la física y su desarrollo, aunque por supuesto sería importante si el objetivo fuera comprender a Galileo.

III. LA CIENCIA COMO PRACTICA SOCIAL

Hasta ahora he esbozado una concepción objetivista que se centra en las teorías explícitamente expresadas en proposiciones verbales o matemáticas. Sin embargo, la ciencia es algo más que esto. Está también el aspecto práctico de la ciencia. Una ciencia, en alguna fase de su desarrollo, implicará una serie de técnicas para articular, aplicar y comprobar las teorías de que se compone. El desarrollo de una ciencia se produce de forma análoga a la forma en que se construye una catedral como resultado del trabajo conjunto de una serie de individuos, cada uno de los cuales aplica sus conocimientos especializados. Como ha señalado J. R. Ravetz, «el conocimiento científico se logra mediante un complejo esfuerzo social y proviene del trabajo de muchos artesanos en su especial interacción con el mundo de la naturaleza»⁴. Una descripción plenamente objetivista de una ciencia conllevaría una descripción de las habilidades y técnicas que ésta implica.

Una importante característica general de la práctica de la física desde Galileo es el hecho de que implica experimentación. La experimentación implica una intervención en la naturaleza planificada y guiada por la teoría. Se construye una situación artificial con el propósito de explorar y comprobar una teoría. La práctica experimental de este tipo estuvo ausente de la física antes de Galileo. En los capítulos 13 y 14 se analizará una consecuencia importante del hecho de que la física implique experimentación.

Los detalles de las técnicas experimentales implícitas en la física han cambiado, por supuesto, con el desarrollo de la física. El experimentador individual, al construir su aparato, juzgar la fiabilidad de su funcionamiento y utilizarlo

⁴ J. R. Ravetz, *Scientific knowledge and its social problems*, Oxford, Oxford University Press, 1971, p. 81.

para extraer datos, empleará habilidades artesanales que ha aprendido en parte de los libros de texto pero, sobre todo, de sus tanteos y su interacción con colegas más experimentados. Por mucha que sea la confianza del experimentador en la fiabilidad de los resultados que obtiene, esa confianza subjetiva no bastará para calificar a esos resultados de parte constituyente del conocimiento científico. Los resultados deben ser capaces de superar los posteriores procesos de comprobación efectuados primero, tal vez, por los colegas del experimentador y luego, si la estructura social de la ciencia es similar a la de la nuestra, por los encargados de las revistas. Si los resultados pasan esas pruebas y se publican, su exactitud será susceptible de ser comprobada a un nivel más amplio. Puede suceder que los resultados publicados se descarten a la luz de otros resultados experimentales o de otros desarrollos teóricos. Todo esto sugiere que es más correcto ver en un hallazgo experimental, ya concierna a la existencia de una nueva partícula fundamental, a una nueva estimación más precisa de la velocidad de la luz o a cualquier otra cosa, el producto de una compleja actividad social que la creencia o posesión de un individuo.

Otro rasgo general de la física moderna, que la distingue de la física anterior a Galileo y de otros muchos conjuntos de conocimientos, es el hecho de que, por lo general, sus teorías se expresan en términos matemáticos. Una descripción total de una ciencia en una determinada fase de su desarrollo tendría que incluir una descripción de las técnicas teóricas y matemáticas en ella implícitas. Un ejemplo que ya hemos encontrado en este libro es el método introducido por Galileo de dividir un vector en sus diversos componentes y tratar cada uno de ellos por separado. Otro ejemplo es la técnica de Fourier de tratar cualquier forma de onda como una superposición de ondas de seno. Una diferencia crucial entre las teorías ondulatorias de la luz formuladas por Young y por Fresnel era que esta última disponía de las matemáticas adecuadas⁵.

⁵ Véase John Worrall, «Thomas Young and the "refutation" of

Una descripción objetivista de la física en una determinada fase de su desarrollo incluirá, pues, una especificación de las proposiciones teóricas de que disponen los científicos para trabajar en ellas y de las técnicas experimentales y matemáticas de que disponen para trabajar con ellas.

IV. EL OBJETIVISMO DEFENDIDO POR POPPER, LAKATOS Y MARX

La concepción del conocimiento a la que, siguiendo a Musgrave⁶, me he referido como objetivismo fue adoptada y de hecho fuertemente defendida por Popper y Lakatos. Un libro de ensayos de Popper lleva el significativo título de *Objective knowledge*. Un pasaje de este libro dice así:

Mi... tesis implica la existencia de dos sentidos diferentes de conocimiento o pensamiento: (1) *el conocimiento o pensamiento en sentido subjetivo*, que consiste en un estado de la mente o de la conciencia, o en una disposición a comportarse o a actuar, y (2) un conocimiento o pensamiento en sentido objetivo, que consiste en los problemas, teorías y argumentos como tales. El conocimiento, en este sentido objetivo, es totalmente independiente de la pretensión de conocer de cualquiera; es también independiente de las creencias o de la disposición de cualquiera a asentir, a afirmar o a actuar. El conocimiento en sentido objetivo es un *conocimiento sin conocedor*; es *conocimiento sin sujeto cognoscente*⁷.

Lakatos apoyó plenamente el objetivismo de Popper y pretendió que su metodología de los programas de investigación científica constituyera una explicación objetivista de

Newtonian optics: a case study in the interaction of philosophy of science and history of science», en C. Howson, comp., *Method and appraisal in the physical sciences*, Cambridge, Cambridge University Press, 1976, pp. 107-79.

⁶ A. Musgrave, «The objectivism of Popper's epistemology», en *The philosophy of Karl Popper*, P. A. Schilpp, comp., pp. 560-96.

⁷ K. R. Popper, *Objective knowledge*, Oxford, Oxford University Press, 1979, pp. 108-9, subrayado en el original.

la ciencia. Habló del «desfase entre el conocimiento objetivo y sus reflejos distorsionados en las mentes de los individuos»⁸ y en un pasaje más largo observó:

... Una teoría puede ser pseudocientífica aun cuando sea eminentemente «plausible» y todo el mundo crea en ella, y puede ser científicamente válida aunque sea increíble y nadie crea en ella. Una teoría puede incluso tener un gran valor científico aunque nadie la entienda y mucho menos crea en ella.

El valor cognoscitivo de una teoría no tiene nada que ver con su influencia *psicológica* en la mente de la gente. Las creencias, los compromisos, el entendimiento son estados de la mente humana... Pero el valor científico, objetivo, de una teoría... es independiente de la mente humana que la crea o la entiende⁹.

Lakatos insistía en que era esencial adoptar una postura objetivista al escribir la historia del desarrollo interno de una ciencia. «Un historiador popperiano no tendrá que tomarse ningún interés por las *personas* implicadas o por sus creencias en sus propias actividades»¹⁰. Por consiguiente, una historia del desarrollo interno de una ciencia será «la historia de la ciencia incorpórea»¹¹.

En cierto sentido el materialismo histórico, la teoría de la sociedad y del cambio social iniciada por Karl Marx, es una teoría objetivista en la que el enfoque objetivista que he descrito refiriéndome al conocimiento se aplica a la sociedad en su conjunto. El objetivismo de Marx es evidente en su conocida observación: «No es la conciencia del hombre lo que determina su ser, sino, por el contrario, es su

⁸ I. Lakatos, «History of science and its rational reconstructions», en *Boston Studies in the Philosophy of Science*, vol. 8, R. C. Buck y R. S. Cohen, comps., Dordrecht, Reidel Publ. Co., 1971, p. 99.

⁹ J. Worrall y G. Currie, comps., *Imre Lakatos. Philosophical papers. Volume I: The methodology of scientific research programmes*, Cambridge, Cambridge University Press, 1978, p. 1, subrayado en el original.

¹⁰ Lakatos, «History of science and its rational reconstructions», página 127, subrayado en el original.

¹¹ *Ibid.*, p. 105.

existencia social lo que determina su conciencia»¹². Desde el punto de vista materialista, los hombres nacen en una estructura social preexistente que no escogen y su conciencia se forma por lo que hacen y experimentan en esa estructura. Aunque los individuos pueden llegar a tener un cierto dominio de la naturaleza de la estructura social en la que viven, siempre habrá «un desfase [entre la estructura y el funcionamiento de la sociedad] y sus reflejos distorsionados en las mentes de los individuos». El resultado de las acciones sociales de un individuo vendrá determinado por los detalles de la situación social y será normalmente muy diferente de lo que el individuo pretendía. Así como un físico que intenta contribuir al desarrollo de la física se enfrenta a una situación objetiva que delimita las posibilidades de elección y acción e influye en el resultado de dicha acción, así también un individuo que espere contribuir a un cambio social se enfrenta a una situación objetiva que delimita las posibilidades de elección y acción e influye en el resultado de dicha elección y dicha acción. Un análisis de la situación objetiva es esencial para comprender el cambio social, como lo es para comprender el cambio científico.

En el próximo capítulo intentaré dar una explicación del cambio de teoría en física que sea profundamente objetivista.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

Las principales fuentes para los escritos de Popper sobre el objetivismo son *Objective knowledge*, Oxford, Oxford University Press, 1972, especialmente capítulos 3 y 4, y también el capítulo 14 de su *The open society and its enemies*, vol. 2, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1980. El objetivismo de Popper es resumido por A. Musgrave en su «The objectivism of Pop-

¹² Karl Marx, «A contribution to the critique of political economy», en *Karl Marx: selected works*, 2 vols., Moscú, Co-operative Publishing Society, 1953, vol. 1, p. 356 [*Contribución a la crítica de la economía política*, México, Siglo XXI, 1980].

per's epistemology», en *The philosophy of Karl R. Popper*, P. A. Schilpp, comp., La Salle (Illinois), Open Court, 1974, pp. 590-596. La postura de Popper es criticada por D. Bloor en «Popper's mystification of objective knowledge», *Science Studies*, 4, 1974, páginas 65-76. La ciencia como actividad social es convenientemente analizada en J. R. Ravetz, *Scientific knowledge and its social problems*, Oxford, Oxford University Press, 1971; J. Ziman, *Public knowledge*, Cambridge, Cambridge University Press, 1968; y Leslie Sklair, *Organized knowledge*, St. Albans, Paladin, 1973. Una explicación más popular, no referida primordialmente a problemas epistemológicos, es la de Bernard Dixon, *What is science for?*, Londres, Collins, 1973. Una versión del marxismo que hace hincapié en el aspecto objetivista y contiene algunos indicios de una explicación objetivista del conocimiento es la defendida por el filósofo francés contemporáneo Louis Althusser. Las más importantes de sus obras son *Reading Capital*, Londres, New Left Books, 1970, y *For Marx*, Harmondsworth, Allen Lane, 1969. También es importante a este respecto Dominique Lecourt, *Marxisme and epistemology*, Londres, New Left Books, 1975.

11. UNA CONCEPCION OBJETIVISTA DEL CAMBIO DE TEORIA EN LA FISICA

I. LAS LIMITACIONES DEL OBJETIVISMO DE LAKATOS

La concepción del cambio de teoría que quiero sugerir es una modificación de la metodología de los programas de investigación científica de Lakatos¹. Antes de presentarla, analizaré en esta sección las limitaciones de la concepción del cambio de teoría de Lakatos o más bien explicaré por qué creo que no ha ofrecido ninguna concepción del cambio de teoría.

La metodología de Lakatos incluye las decisiones y elecciones de los científicos. Estas están incluidas en la adopción por los científicos de un núcleo central y una heurística positiva. De acuerdo con Lakatos, el núcleo central del programa de Newton «es "irrefutable" por las decisiones metodológicas de sus protagonistas»², y un programa de investigación tiene un «"núcleo central" convencionalmente aceptado (y, por consiguiente, "irrefutable") por decisión provisional»³. La heurística positiva es una política de in-

¹ La explicación objetivista del cambio de teoría esbozada en este capítulo ha sido publicada anteriormente en mi «Towards an objectivist account of theory change», *British Journal for the Philosophy of Science*, 30, 1979, pp. 227-33, y con más detalle en «An improvement and a critique of Lakatos's methodology of scientific research programmes», *Methodology and Science*, 13, 1980, pp. 2-27. Agradezco a los directores de estas revistas su permiso para reproducir aquí el material.

² I. Lakatos y A. Musgrave, *Criticism and the growth of knowledge*, Cambridge, Cambridge University Press, 1974, p. 133.

³ I. Lakatos, «History of science and its rational reconstructions», en *Boston studies in the philosophy of science*, vol. 8, R. C. Buck y R. S. Cohen, comps., Dordrecht, Reidel Publ. Co., 1971, p. 99.

vestigación o «plan preconcebido»⁴ que los científicos eligen adoptar. «La heurística positiva del programa determina qué problema elige racionalmente el científico que trabaja en un poderoso programa de investigación»⁵.

Una cuestión que es importante aquí es si se supone o no que los científicos son conscientes de las prescripciones contenidas en la metodología de Lakatos. Si no lo son, entonces es difícil que la metodología pueda explicar el cambio científico. Señalar simplemente que se han producido cambios en la historia de la física de conformidad con la metodología de los programas de investigación científica no es explicar por qué se han producido. Si, por el contrario, se supone que los científicos actúan conscientemente de acuerdo con la metodología de Lakatos, se presentan nuevos problemas. En primer lugar, es difícil comprender cómo pueden los científicos de los últimos doscientos años haber sido conscientes de las prescripciones de una metodología que no ha sido diseñada hasta recientemente. El propio Lakatos ha indicado el gran abismo entre la metodología que expuso Newton y la que siguió en la práctica⁶. En segundo lugar, la metodología de Lakatos no es adecuada para dictar la elección de los científicos como hemos visto, de acuerdo con sus propias declaraciones de que esta metodología no pretendía dar consejos a los científicos. En tercer lugar, cualquier intento de explicar un cambio de teoría que se base de forma crucial en las deci-

⁴ *Ibid.*

⁵ Lakatos y Musgrave, 1974, p. 137.

⁶ I. Lakatos, «Newton's effect on scientific standards», en *Imre Lakatos. Philosophical papers. Volume I: The methodology of scientific research programmes*, Cambridge, Cambridge University Press, 1978, pp. 193-222. «La confusión, la pobreza de la teoría del logro científico, de Newton, contrasta espectacularmente con la claridad, la riqueza de su logro científico», p. 220, subrayado en el original. Gregory Currie ha puntualizado que las decisiones de los científicos del pasado deben ser explicadas haciendo referencia a cómo evaluaban la situación, más que en términos de una metodología contemporánea, en su «The role of normative assumptions in historical explanation», *Philosophy of Science*, 47, 1980, pp. 456-73.

siones y elecciones conscientes de los científicos no tiene en cuenta «el desfase entre el conocimiento objetivo... y sus reflejos distorsionados en las mentes de los individuos».

El supuesto hecho por Lakatos, así como por Popper y Kuhn, es que el cambio de teoría ha de ser explicado haciendo referencia a las decisiones y elecciones de los científicos. En la medida en que Lakatos y Popper no dan prescripciones adecuadas para la elección de teoría, no dan una explicación del cambio de teoría, mientras que Kuhn admite de forma acrítica las elecciones sancionadas por la comunidad científica. En el resto de este capítulo intentaré modificar la metodología de Lakatos de forma que evite la mezcla de elección de teoría y cambio de teoría.

II. OPORTUNIDADES OBJETIVAS

En la sección II del capítulo 10 introduce la noción de oportunidad objetiva para el desarrollo de una teoría o un programa. La concepción del cambio de teoría en la física que pretendo ofrecer se basa en esta noción. Dadas una teoría y la práctica asociada con ella en una determinada fase de su desarrollo conjunto, se presentarán diversas oportunidades para desarrollar esta teoría. Serán posibles varias vías de desarrollo teórico en virtud de las técnicas teóricas y matemáticas disponibles, y también serán posibles varias vías de desarrollo práctico en virtud de las técnicas experimentales disponibles. Utilizaré la expresión «grado de fertilidad» para describir el conglomerado de oportunidades objetivas presentes en un programa de investigación en alguna fase de su desarrollo. El grado de fertilidad de un programa en una coyuntura determinada será una propiedad objetiva de ese programa, que la poseerá se dé o no cuenta de ella el científico. Por consiguiente, difiere de la noción de heurística positiva de Lakatos, que es una política de investigación más o menos conscientemente adoptada por los científicos. El grado de fertilidad de un programa mide hasta qué punto contiene en su seno

oportunidades objetivas de desarrollo o hasta qué punto abre nuevas vías de investigación.

La descripción que da Stillman Drake de hasta qué punto la física de Galileo abrió nuevas vías de investigación llama la atención sobre lo que hay implícito en el grado de fertilidad. Dice así:

Fue Galileo quien, al aplicar coherentemente la matemática a la física y la física a la astronomía, unió por vez primera la matemática, la física y la astronomía de una forma verdaderamente significativa y fructífera. Las tres disciplinas habían sido siempre consideradas como esencialmente distintas; Galileo reveló sus relaciones triplemente emparejadas y de este modo abrió nuevos campos de investigación a hombres con capacidades e intereses muy divergentes⁷.

De estudios realizados en apoyo de la metodología de Lakatos se pueden sacar otras ilustraciones. Por ejemplo, considerando el estudio de E. Zahar sobre la sustitución final del programa de electromagnetismo de H. A. Lorentz por la teoría especial de la relatividad de Einstein⁸, podemos decir que en 1905 la teoría de Einstein poseía un mayor grado de fertilidad que la de Lorentz. Dado que la teoría de Einstein implicaba algunas afirmaciones muy generales acerca de las propiedades del tiempo y el espacio, existían oportunidades para explorar las consecuencias de estas afirmaciones en muchas áreas de la física. Por el contrario, la teoría de Lorentz estaba firmemente anclada en la teoría electromagnética y no podía ser aplicada fuera de ella de forma similar. En su estudio sobre la competencia entre la teoría ondulatoria de la luz de Young y la teoría corpuscular de la luz de Newton, Worrall, refiriéndose a la situación en 1810, escribe: «Dado el estado comparativamente menos desarrollado de la mecánica de los medios elásticos con relación a la mecánica de las partículas rígi-

⁷ Stillman Drake, *Galileo studies*, Ann Arbor, University of Michigan Press, 1970, p. 97.

⁸ Elie Zahar, «Why did Einstein's programme supersede Lorentz's?», en *Method and appraisal in the physical sciences*, C. Howson, comp., Cambridge, Cambridge University Press, 1976, pp. 211-75.

das, la heurística del programa corpuscular era... bastante más definida que la del programa ondulatorio»⁹. La teoría corpuscular poseía un grado de fertilidad mayor que el programa ondulatorio en 1810.

Contribuiré a clarificar mi noción de grado de fertilidad característico de un programa si intento responder a algunas objeciones a ella que ya se me han hecho. Son las siguientes: (i) la concepción es demasiado vaga para permitir una medición cuantitativa del grado de fertilidad de un programa; (ii) tiene la consecuencia involuntaria de que cuanto más vagos sean una teoría o un programa, mayor será su grado de fertilidad, ya que una teoría o un programa suficientemente vagos serán compatibles prácticamente con cualquier vía de desarrollo; (iii) el grado de fertilidad carece de valor como instrumento para el historiador dado que las oportunidades de desarrollo sólo surgen a la luz una vez que han sido aprovechadas, de modo que exponer el grado de fertilidad de un programa sólo equivale a registrar cómo se ha desarrollado de hecho, y (iv) el grado de fertilidad no es de ayuda alguna para explicar el desarrollo de la ciencia, ya que el grado de fertilidad de un programa sólo puede ser adecuadamente analizado y apreciado de forma retrospectiva.

Con respecto a la objeción (i), estoy de acuerdo en que no es posible proporcionar los medios para realizar una medición cuantitativa del grado de fertilidad de un programa. Sin embargo, sí afirmo que a menudo es posible hacer comparaciones cualitativas entre los grados de fertilidad de programas rivales, como indican los ejemplos que he extraído de los estudios lakatosianos. Esto es todo lo que se requiere para dar una explicación objetivista del cambio de teoría, como espero demostrar¹⁰. La objeción (ii),

⁹ John Worrall, «Thomas Young and the "refutation" of Newtonian optics: a case-study in the interaction of philosophy of science and history of science», *ibid.*, p. 158. En el original toda la expresión está subrayada.

¹⁰ En la medida en que los grados de fertilidad pueden ser comparados pero no medidos individualmente, el grado de fertilidad está en la misma situación que otras muchas nociones de la filo-

si fuera válida, sería ciertamente demoledora para mi postura. Hay dos razones por las que no es válida. En primer lugar, una línea de acción vaga no ha de ser interpretada como una oportunidad en sentido deliberado. Los ejemplos de oportunidad deben ser especificados de forma precisa en términos de las técnicas experimentales, matemáticas o teóricas que están a disposición de los científicos en una coyuntura histórica determinada, junto con las teorías e hipótesis específicas que constituyen el núcleo central y el cinturón protector de un programa en esa coyuntura y que proporcionan la materia prima en la que se pueden concentrar las técnicas antes mencionadas. La segunda razón por la que debe ser rechazada la objeción (ii) es que el desarrollo, para el que debe brindar muchas oportunidades una teoría con un alto grado de fertilidad, no es el antiguo desarrollo, sino un desarrollo hacia nuevas predicciones en un sentido similar al que le da Lakatos.

La objeción (iii) se puede rebatir dando ejemplos de oportunidades objetivas de desarrollo que de hecho no fueron aprovechadas. La física de Arquímedes brindó oportunidades de desarrollo que permanecieron ignoradas durante siglos. En su obra sobre el equilibrio y los centros de gravedad y sobre la hidrostática introdujo técnicas que muy bien hubieran podido ser ampliadas a otras áreas y aplicadas a otras materias. Por ejemplo, la técnica de formular los fundamentos de una teoría en una forma idealizada y matemática para tratar los sistemas en un espacio euclídeo, técnica que introdujo en la estática, habría podido ser aplicada a la dinámica, considerando las palancas móviles al igual que las inmóviles y los objetos que caen a través de un medio al igual que los que flotan en él. Hasta Galileo no se aprovechó esta oportunidad, y en esta época había por supuesto más material teórico para trabajar que el que existía en la época de Arquímedes¹¹. Las obras de Tolomeo y Alhazén brindaron oportunidades para

sofía de la ciencia, como por ejemplo el grado de falsabilidad de Popper. Véase K. R. Popper, *The logic of scientific discovery*, Londres, Hutchinson, 1968, cap. 6.

¹¹ Para la relación entre la obra de Arquímedes y Galileo, véase

el desarrollo de la óptica que no fueron desarrolladas hasta la época de Galileo y Kepler. En su investigación de este problema, V. Ronchi escribe:

Aunque no sabemos quién fue el primero que inventó las lentes, sí sabemos con cierta exactitud cuándo fueron introducidas por vez primera: en algún momento entre 1280 y 1285. Sin embargo, el primer telescopio no apareció hasta cerca de 1590. ¿Por qué se tardaron tres siglos enteros en poner una lente frente a otra?¹²

Luego prosigue su intento de explicar por qué no se aprovechó esta oportunidad objetiva. Ciertamente es que al describir estas oportunidades objetivas se hace uso de un material de la historia, la física y la filosofía del que no se disponía en los períodos históricos sometidos a investigación. Una adecuada descripción de las oportunidades objetivas y de los grados de fertilidad sólo es posible retrospectivamente. La objeción (iv) está en lo cierto cuando afirma esto. Sin embargo, lejos de ser una objeción a mi postura, el hecho de que los científicos no sean conscientes del grado de fertilidad de los programas en los que trabajan, ni necesiten serlo, constituye su fuerza. Es precisamente este rasgo el que hace posible una concepción objetivista del cambio de teoría que evite los elementos subjetivistas presentes en las concepciones lakatosianas.

III. UNA CONCEPCION OBJETIVISTA DEL CAMBIO DE TEORIA EN LA FISICA

Dentro de unos límites importantes que serán explicados en la sección siguiente, estoy ahora en condiciones de ofrecer una concepción objetivista del cambio de teoría en la

Maurice Clavelin, *The natural philosophy of Galileo*, Cambridge (Massachusetts), M. I. T. Press, 1974, cap. 3.

¹² V. Ronchi, «The influence of the early development of optics on science and philosophy», en *Galileo: man of science*, E. McMullin, comp., Nueva York, Basic Books, 1967, pp. 195-206, subrayado en el original.

física moderna. La concepción se basa en un importante supuesto: el de que en la sociedad o en las sociedades donde se practica la física existen científicos con las habilidades, los recursos y los hábitos mentales adecuados para desarrollar esa ciencia. Necesito suponer, por ejemplo, que en aquellas situaciones en las que un análisis objetivista revele la existencia de ciertas técnicas experimentales o teóricas, habrá científicos o grupos de científicos con los recursos físicos y mentales para poner en práctica dichas técnicas. Doy por sentado que este supuesto se ha cumplido en buena parte de Europa durante los últimos doscientos años aproximadamente.

Si se cumple mi supuesto sociológico, entonces puedo dar por sentado que si existe una oportunidad objetiva para el desarrollo de un programa, antes o después algún científico o grupo de científicos la aprovechará. El efecto neto será que habrá un programa que ofrezca más oportunidades objetivas de desarrollo que sus rivales, el cual tenderá a superar a estos rivales cuando estas oportunidades sean aprovechadas. Esto sucederá aun cuando la mayoría de los científicos elijan trabajar en el programa con menor grado de fertilidad. En este último caso, la minoría de los que elijan trabajar en el programa que ofrezca muchas oportunidades de desarrollo pronto se encontrarán con el éxito, mientras que la mayoría, aquellos que representan la postura mayoritaria, lucharán en vano por aprovechar unas oportunidades inexistentes. François Jacob capta el espíritu de mi postura cuando escribe:

En esta interminable discusión entre lo que es y lo que podría ser, en la búsqueda de un resquicio que revele otra posibilidad, el margen de libertad del investigador es a veces muy estrecho. La importancia del individuo disminuye a medida que aumenta el número de investigadores. Si aquí no se hace hoy una observación, será hecha mañana con mucha más frecuencia en otras partes¹³.

¹³ François Jacob, *The logic of life: a history of heredity*, Nueva York, Vintage Books, 1976, p. 11.

Mi postura puede ser ilustrada haciendo extensiva la analogía de los nidales que utilicé en el capítulo 10 para señalar el carácter objetivo de las situaciones problemáticas. Comparemos un jardín en el que hay un gran número de nidales con un segundo jardín, por lo demás similar, en el que no hay nidales. Dado que el medio de cada uno de los jardines está convenientemente poblado de pájaros, es sumamente probable que tras algunos meses o años hayan anidado muchos más pájaros en el jardín provisto de nidales que en el otro. Esta eventualidad es adecuadamente explicada en términos de las oportunidades objetivas de anidar ofrecidas por uno de los jardines en comparación con el otro. Lo importante de este ejemplo para mí es que no habrá necesidad de referirse en la explicación a las decisiones de los pájaros y a la racionalidad de estas decisiones.

Si mi supuesto sociológico se cumple, un programa con un alto grado de fertilidad tenderá a desbancar a un programa con un grado menor de fertilidad. Sin embargo, un alto grado de fertilidad por sí solo no es suficiente para garantizar el éxito de un programa, ya que no puede haber garantía de que las oportunidades den fruto cuando sean aprovechadas. Un programa con un alto grado de fertilidad puede, sin embargo, quedar en nada. Un ejemplo es la teoría del vórtice introducida por William Thomson, quien pretendía explicar las propiedades de los átomos y las moléculas representándolos como vórtices en un éter perfectamente elástico y no viscoso. Clerk Maxwell describió de forma notable hasta qué punto esta teoría ofrecía un campo de desarrollo¹⁴. Sin embargo, su prosecución no condujo al éxito y pronto fue dejada atrás por programas que tuvieron más éxito. Así pues, una concepción objetivista del cambio de teoría tendrá que tener en cuenta no sólo los grados de fertilidad relativa de los programas rivales, sino también su éxito en la práctica. A las consideraciones

¹⁴ J. C. Maxwell, «Atom», en *The scientific papers of James Clerk Maxwell*, vol. 2, W. D. Niven, comp., Nueva York, Dover, 1965, páginas 445-84, esp. p. 471.

sobre el grado de fertilidad hay que añadir una concepción objetivista del grado en que los programas rivales llevan a nuevas predicciones.

No tengo ninguna contribución especial que hacer a los intentos de mejorar las explicaciones de nuevas predicciones que aparecen en la bibliografía sobre el tema¹⁵. Me gustaría precisar, sin embargo, que hay un estrecho lazo entre las nuevas predicciones y el grado de fertilidad. Las confirmaciones de las nuevas predicciones pueden desembocar en la apertura de nuevos caminos a futuras investigaciones, y en esto reside parte de su importancia. Por ejemplo, cuando Hertz consiguió producir ondas de radio, confirmando así una nueva predicción de la teoría electromagnética de Maxwell, se crearon toda clase de nuevas oportunidades para investigar las propiedades de las ondas electromagnéticas, medir la velocidad de la luz de forma nueva y más precisa, desarrollar las microondas como una nueva exploración de las propiedades de la materia, abrir una nueva área de la astronomía, etc. Una concepción objetivista del cambio de teoría tendría que tener en cuenta hasta qué punto los programas consiguieron llevar al descubrimiento de nuevos fenómenos y hasta qué punto estos mismos descubrimientos ofrecieron oportunidades objetivas a nuevas vías de exploración.

Los programas con un núcleo central coherente que ofrezca oportunidades de desarrollo se desarrollarán de hecho de forma coherente una vez hayan sido aprovechadas estas oportunidades. El grado de fertilidad del programa se incrementará si ese desarrollo lleva a éxitos predictivos. Las vías de desarrollo que destruyen la coherencia del núcleo central y, por consiguiente, no ofrezcan oportunidades de desarrollo fracasarán por esta razón. Por ejemplo, la presencia de la ley de la inversa del cuadrado como parte del núcleo central de la teoría de Newton ha de ser explicada en función del grado de fertilidad derivado de

Una concepción objetivista

este supuesto y las predicciones acertadas a las que lleva. En cambio, los intentos de modificar el programa introduciendo una ley de fuerza ligeramente diferente de la ley de la inversa del cuadrado se quedaron en agua de borrajas porque no ofrecían oportunidades para un desarrollo coherente, a pesar de que algunos científicos decidieron modificar el núcleo central en este sentido¹⁶. La continuidad de la ciencia que Lakatos atribuye a la persistencia de los núcleos centrales se explica así por un recurso al grado de fertilidad de los programas que no invoca las decisiones metodológicas de los científicos.

IV. ALGUNAS OBSERVACIONES ALECCIONADORAS

En esta sección trataré de proteger mi concepción objetivista del cambio de teoría en la física de ciertas falsas interpretaciones que, como me ha enseñado la experiencia, a menudo se le atribuyen.

He tratado de ofrecer una concepción del cambio de teoría que no se basa en las decisiones metodológicas de los científicos. Al hacerlo, ciertamente no sugiero que la ciencia progrese de algún modo espontáneamente, sin la intervención de los seres humanos. Si las oportunidades objetivas inherentes a un programa dentro de la física han de ser aprovechadas, habrán de serlo mediante la aplicación de las habilidades de los científicos individuales. Sin ellos no existiría la física, y mucho menos el progreso. Pese a esto, si mi concepción del cambio de teoría es correcta, el proceso del cambio de teoría trasciende las intenciones, elecciones y decisiones conscientes de los físicos. En particular, no está determinado por las decisiones metodológicas de los físicos. No pretendo, por ejemplo, que los científicos deberían elegir trabajar en la teoría con mayor gra-

¹⁵ Para tales intentos, véase Zahar, «Why did Einstein's programme supersede Lorentz's?», y A. Musgrave, «Logical versus historical theories of confirmation», *British Journal for the Philosophy of Science*, 25, 1974, pp. 1-23.

¹⁶ Algunos intentos de modificar el núcleo central del programa de Newton son mencionados en A. Musgrave, «Method or madness», *Essays in memory of Imre Lakatos*, R. S. Cohen, P. K. Feyerabend y M. W. Wartofsky, comps., Dordrecht, Reidel Publ. Co., 1976, páginas 457-91, esp. pp. 464-73.

do de fertilidad, dado que el científico normal no está en condiciones de apreciar todas las oportunidades de desarrollo ofrecidas por una teoría o un programa. Mi concepción del cambio supone que si existe una oportunidad de desarrollo, algún científico o grupo de científicos terminará por aprovecharla, pero no supone que un determinado científico o grupo será consciente de todas las oportunidades de desarrollo. Mi concepción separa el problema del cambio de teoría del problema de elección de la teoría.

No hay ninguna garantía de que el supuesto sociológico del que depende la concepción objetivista del cambio de teoría en la física se cumpla siempre. No se cumplió en la Europa medieval y hay buenas razones para creer que está siendo cuestionado en la sociedad contemporánea. Es probable que la inversión en investigación en la sociedad contemporánea esté influida de tal forma por los gobiernos y los monopolios industriales que no puedan aprovecharse ciertas oportunidades objetivas, de modo que el progreso de la física esté siendo controlado cada vez más por factores externos a ella. Sin embargo, mi supuesto sociológico se cumplió más o menos durante doscientos años de física y es en este terreno en el que afirmo que es aplicable mi concepción del cambio de teoría. Si mi supuesto sociológico no se cumple, entonces resulta necesaria una concepción muy diferente del cambio de teoría. No pretendo haber ofrecido una concepción del cambio de teoría en general.

El supuesto sociológico nunca se cumplirá del todo. La estructura del progreso de la física a corto plazo implicará inevitablemente cosas tales como la personalidad de los científicos, el grado y las formas en que se comunican, etc. Sin embargo, a largo plazo, siempre que haya científicos con las habilidades y los recursos necesarios para aprovechar las oportunidades de desarrollo que de hecho existan, mantengo que el progreso de la física será explicable en términos de mi concepción del cambio de teoría. La escala temporal adecuada para mi concepción objetivista del cambio de teoría, que distingue entre procesos a largo y a corto plazo, es aquella en la que tienen sentido enunciados tales como: «La teoría de Einstein reemplazó a la de Lorentz.»

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

C. Howson, *Method and appraisal in the physical sciences*, Cambridge, Cambridge University Press, 1976, contiene algunos estudios excelentes en apoyo de la metodología de Lakatos. Mantengo que, convenientemente reelaborados, constituyen una defensa de mi concepción objetivista del cambio de teoría.

12. LA TEORÍA ANARQUISTA DEL CONOCIMIENTO DE FEYERABEND

Una de las concepciones contemporáneas de la ciencia más estimulantes y provocadoras es la que ha sido pintorescamente presentada y defendida por Paul Feyerabend. Ninguna valoración de la naturaleza y el estatus de la ciencia estaría completa sin un intento de comprenderla. En este capítulo resumiré y valoraré lo que considero que son los rasgos clave de la postura de Feyerabend, tal como aparece sobre todo en su libro *Against method*¹.

I. TODO VALE

Feyerabend hace una enérgica defensa de la afirmación de que ninguna de las metodologías de la ciencia hasta ahora propuesta ha tenido éxito. Su forma principal, aunque no única, de defender su tesis es mostrar que esas metodologías son incompatibles con la historia de la física. Muchos de sus argumentos en contra de las metodologías que he clasificado como inductivismo y falsacionismo son similares a los que aparecen en los capítulos anteriores de este libro. De hecho, las opiniones expresadas allí están en parte en deuda con los escritos de Feyerabend. Feyerabend mantiene de forma convincente que las metodologías de la ciencia no han proporcionado reglas adecuadas para guiar las actividades de los científicos. Además, sugiere que, dada la complejidad de la historia, es muy poco razonable esperar que la ciencia sea explicable sobre la base de unas

¹ Paul Feyerabend, *Against method: outline of an anarchistic theory of knowledge*, Londres, New Left Books, 1975.

cuantas reglas metodológicas. Citaré a Feyerabend con cierta amplitud:

La idea de que la ciencia puede y debe actuar de acuerdo con reglas fijas y universales es tan poco realista como perniciosa. Es poco realista porque tiene una visión demasiado simple de los talentos del hombre y de las circunstancias que fomentan o provocan su desarrollo. Y es perniciosa porque el intento de aplicar las leyes está abocado a incrementar nuestra cualificación profesional a expensas de nuestra humanidad. Además, la idea es perjudicial a la ciencia, porque pasa por alto las complejas condiciones físicas e históricas que influyen en el cambio científico. Hace que la ciencia sea menos adaptable y más dogmática...

Los estudios como los citados en los capítulos anteriores... hablan *en contra* de la validez universal de cualquier regla. Todas las metodologías tienen sus limitaciones y la única «regla» que queda en pie es la de que «todo vale»¹.

Si las metodologías de la ciencia se entienden en términos de reglas que guíen las elecciones y decisiones de los científicos, entonces me parece que la postura de Feyerabend es correcta. Dada la complejidad de cualquier situación realista en la ciencia y la imprevisibilidad del futuro por lo que se refiere al desarrollo de una ciencia, no es razonable esperar una metodología que determine que, dada una situación, un científico racional debe adoptar la teoría A y rechazar la teoría B, o preferir la teoría A a la teoría B. Reglas tales como «adoptar la teoría que recibe más apoyo inductivo de los hechos aceptados» y «rechazar las teorías que son incompatibles con los hechos generalmente aceptados» son incompatibles con aquellos episodios de la ciencia comúnmente considerados como constitutivos de sus fases más progresivas. La acusación de Feyerabend contra el método se dirige contra las metodologías interpretadas como proveedoras de reglas para guía de científicos. Así, saluda en Lakatos a un anarquista como él porque su metodología no proporciona reglas para la elección de un programa o una teoría. «La metodología de los programas

¹ *Ibid.*, pp. 295-96, subrayado en el original.

de investigación proporciona *criterios* que ayudan al científico a evaluar la situación histórica en la que toma sus decisiones; no contiene *reglas* que le digan lo que debe hacer»¹. Los científicos, pues, no deberían estar obligados por las reglas del metodólogo. En este sentido, todo vale.

Un pasaje de un artículo escrito por Feyerabend una década antes que *Against method* ilustra el hecho de que «todo vale» no debería ser interpretado en un sentido demasiado lato. En este pasaje, Feyerabend intenta distinguir entre el científico razonable y el extravagante.

La distinción no reside en el hecho de que los primeros [la gente «respetable»] sugieran cosas posibles y prometan el éxito, mientras que los segundos [los extravagantes] sugieran cosas imposibles, absurdas y condenadas al fracaso. *No puede* residir en esto porque no sabemos nunca de antemano qué teoría tendrá éxito y qué teoría fracasará. Lleva mucho tiempo decidir esta cuestión y cada paso que lleva a ella está abierto a una revisión... No, la distinción entre el pensador extravagante y el respetable reside en la investigación que se hace una vez que se ha adoptado un determinado punto de vista. El extravagante se contenta normalmente con defender el punto de vista en su forma original, metafísica, no desarrollada, y no está en modo alguno dispuesto a probar su utilidad en todos aquellos casos que parecen favorecer a su contrario, o incluso a admitir que existe un problema. Es esta investigación posterior, los detalles de la misma, el conocimiento de las dificultades, del estado general del conocimiento, el reconocimiento de las objeciones, lo que distingue al «pensador respetable» del extravagante, y no el contenido original de su teoría. Si piensa que habría que dar otra oportunidad a Aristóteles, dejémosle que se la dé y esperemos los resultados. Si se contenta con esta afirmación y no comienza a elaborar una nueva dinámica, si no está familiarizado con las dificultades iniciales de su postura, entonces la cosa no tiene mayor interés. Sin embargo, si no se contenta con el aristotelismo en la forma en que existe hoy y trata de adaptarlo a la situación actual de la astronomía, la física y la microfísica, haciendo nuevas sugerencias, considerando los viejos problemas desde un nuevo punto de vista,

¹ *Ibid.*, p. 196, subrayado en el original.

entonces agradezcamos que haya al menos alguien que tenga ideas inusuales y no tratemos de detenerle de antemano con argumentos irrelevantes y equivocados⁴.

En resumen, si alguien quiere hacer una contribución a la física, por ejemplo, no necesita estar familiarizado con las metodologías contemporáneas de la ciencia, lo que necesita es estar familiarizado con una cierta física. No le será suficiente seguir simplemente sus caprichos e inclinaciones de forma desordenada. No se trata de que, en la ciencia, todo valga en un sentido ilimitado.

Feyerabend arremete con éxito contra el método en la medida en que demuestra que no es aconsejable que las elecciones y decisiones de los científicos estén obligadas por las reglas establecidas por las metodologías de la ciencia o implícitas en ellas. Sin embargo, si se adopta la estrategia del capítulo anterior, separando el problema del cambio de teoría del problema de la elección de teoría, los problemas referentes a las reglas que guían la elección de teoría no constituyen problemas para una concepción del cambio de teoría. Sugiero que mi concepción del cambio de teoría en la física es inmune a la crítica del método de Feyerabend.

II. INCONMENSURABILIDAD

Un componente importante del análisis de la ciencia de Feyerabend es su tesis sobre la inconmensurabilidad, que tiene algo en común con la tesis de Kuhn sobre esta cues-

⁴ Paul Feyerabend, «Realism and instrumentalism: comments on the logic of factual support», en *The critical approach to science and philosophy*, M. Bunge, comp., Nueva York, Free Press, 1964, página 305, subrayado en el original. A Feyerabend no siempre le gustan las críticas que suponen que todavía suscribe lo que escribió en el pasado. (Véase *Against method*, p. 114.) No me preocupa mucho que Feyerabend acepte o no el mensaje del pasaje citado. Aparte de algunos recelos hacia la orientación individualista del pasaje, ciertamente lo acepto y, lo que es más importante, ninguno de los argumentos de *Against method* lo contradice.

ción a la que nos referimos en el capítulo 8⁵. La concepción de inconmensurabilidad de Feyerabend se deriva de lo que he calificado en el capítulo 3 como observación que depende de la teoría. Los significados e interpretaciones de los conceptos y los enunciados observacionales que los empleen dependerán del contexto teórico en el que surjan. En algunos casos, los principios fundamentales de dos teorías rivales pueden ser tan radicalmente diferentes que no sea posible ni siquiera formular los conceptos básicos de una teoría en los términos de la otra, con lo que las dos teorías rivales no compartirán ningún enunciado observacional. En tales casos, no es posible comparar lógicamente las teorías rivales. No será posible deducir lógicamente algunas de las consecuencias de una teoría partiendo de los principios de su rival con fines comparativos. Las dos teorías serán inconmensurables.

Uno de los ejemplos de inconmensurabilidad de Feyerabend es la relación entre la mecánica clásica y la teoría de la relatividad. De acuerdo con la primera —interpretada de forma realista, es decir, como un intento de describir cómo es realmente el mundo, tanto observable como no observable⁶—, los objetos físicos tienen una forma, una masa y un volumen. Estas propiedades existen en los objetos físicos y pueden cambiar como resultado de una interferencia física. En la teoría de la relatividad, interpretada de forma realista, no existen ya propiedades como forma, masa y volumen, que se convierten en relaciones entre objetos y en marcos de referencia y pueden cambiar, sin ninguna interacción física, si se cambia un marco de referencia por otro. En consecuencia, cualquier enunciado observacional que se refiera a objetos físicos dentro de la mecánica clásica tendrá un significado diferente para un enunciado observacional aparentemente similar en la teoría de la relatividad.

⁵ Feyerabend analiza la relación entre su tesis y la de Kuhn en su «Changing patterns of reconstruction», *British Journal for the Philosophy of Science*, 28, 1977, pp. 351-82, sección 6. La otra fuente principal para conocer las tesis de Feyerabend sobre la inconmensurabilidad es *Against method*, cap. 17.

⁶ El realismo será analizado en el próximo capítulo.

Las dos teorías son inconmensurables y no pueden ser comparadas comparando sus consecuencias lógicas. Citando al propio Feyerabend,

El nuevo sistema conceptual que surge (dentro de la teoría de la relatividad), no sólo *niega* la existencia de los estados de cosas clásicos, sino que ni siquiera nos permite formular *enunciados* que expresen tales estados de cosas. No comparte ni puede compartir ningún enunciado con su predecesor, suponiendo siempre que no usemos las teorías como esquemas de clasificación para ordenar hechos neutrales... El esquema positivista del progreso, con sus «gafas popperianas», se viene abajo⁷.

Otras parejas de teorías inconmensurables mencionadas por Feyerabend incluyen la mecánica cuántica y la mecánica clásica, la teoría del impulso y la mecánica newtoniana, y el materialismo y el dualismo cuerpo-alma.

Del hecho de que una pareja de teorías rivales sean inconmensurables no se desprende que no puedan ser comparadas de ninguna forma. Una forma de comparar una pareja de teorías de este tipo es confrontar cada una de ellas con una serie de situaciones observables y registrar en qué grado es compatible cada una de las teorías rivales con esas situaciones, interpretadas en sus propios términos. Otras formas de comparar las teorías citadas por Feyerabend implican consideraciones acerca de si son lineales o no lineales, coherentes o incoherentes, si son una aproximación aventurada o fiable, etc.⁸

Si nos centramos en el problema de la elección de teoría, entonces surge un problema: ¿cuál de los diversos criterios de comparación se ha de preferir en aquellas situaciones en que estos criterios están en conflicto? Según Feyerabend, la elección entre criterios y, por consiguiente, la elección entre teorías inconmensurables es en última instancia subjetiva.

La transición a unos criterios que no impliquen un contenido lleva, pues, a la elección de teoría de una rutina «racional», «objetiva» y bastante unidimensional, a una compleja discusión que implique preferencias encontradas, y en ella la propaganda desempeñará un importante papel, como lo hace en todos los casos donde intervienen preferencias⁹.

En opinión de Feyerabend, la inconmensurabilidad, aunque no elimina todos los medios de comparar teorías inconmensurables rivales, lleva a un aspecto de la ciencia necesariamente subjetivo.

Lo que queda [después de haber eliminado la posibilidad de comparar lógicamente teorías comparando conjuntos de consecuencias deductivas] son juicios estéticos, juicios de valor, prejuicios metafísicos, anhelos religiosos; en resumen, *lo que queda son nuestros deseos subjetivos*¹⁰.

Acepto la tesis de Feyerabend de que algunas teorías rivales no pueden ser comparadas meramente por medios lógicos. Sin embargo, sugiero que hay que oponerse a su decisión de sacar consecuencias subjetivistas de este hecho. Si nos centramos en la cuestión de la elección de teoría, estoy dispuesto a admitir que habrá algún elemento subjetivo implícito cuando un científico elija adoptar una teoría en lugar de otra o trabajar en una teoría en lugar de otra, aunque estas elecciones estén influenciadas por factores «externos» tales como las perspectivas para su carrera y la disponibilidad de fondos, además del tipo de consideraciones mencionadas por Feyerabend en las citas anteriores. Sin embargo, creo que es necesario decir que, aun cuando los juicios y deseos individuales sean en cierto sentido subjetivos y no puedan ser determinados por argumentos lógicamente obligatorios, esto no significa que sean inmunes a un argumento racional. Las preferencias de los individuos pueden ser criticadas, por ejemplo, demostrando que son gravemente incoherentes o que tienen conse-

⁹ *Ibid.*, p. 366.

¹⁰ *Against method*, p. 285, subrayado en el original.

⁷ *Against method*, pp. 275-76, subrayado en el original.

⁸ «Changing patterns of reconstruction», p. 365, n. 2.

cuencias que los individuos que las manifiestan no desearían¹¹. Soy consciente de que las preferencias de los individuos no están determinadas únicamente por argumentos racionales y también de que están fuertemente moldeadas e influenciadas por las condiciones materiales en que vive y actúa el individuo. (Un importante cambio en las perspectivas para su carrera será susceptible de tener un mayor efecto en las preferencias de un individuo que un argumento racional, por dar un ejemplo superficial.) Sin embargo, los juicios y deseos subjetivos de los individuos no son sacrosantos ni inmutables. Están abiertos a la crítica y al cambio por la argumentación y por la alteración de las condiciones materiales. Feyerabend celebra su conclusión de que la ciencia contiene un elemento subjetivo porque ofrece al científico un grado de libertad ausente de las «partes más pedestres» de la ciencia¹². En una sección posterior diré algo más acerca de la concepción de libertad de Feyerabend.

Mi segunda respuesta a las observaciones de Feyerabend sobre la inconmensurabilidad nos aleja de la cuestión de la elección de teoría. El estudio de Zahar sobre la rivalidad entre las teorías de Lorentz y Einstein, convenientemente modificado a la luz de mi concepción objetivista del cambio de teoría, explica cómo y por qué la teoría de Einstein reemplazó finalmente a la de Lorentz. La explicación se basa en la medida en que la teoría de Einstein ofrecía más oportunidades objetivas de desarrollo que la de Lorentz y en la medida en que esas oportunidades dieron su fruto cuando fueron aprovechadas. Esta explicación es posible aunque las teorías sean al menos en parte inconmensurables en el sentido que da Feyerabend al término¹³, pero no

¹¹ Si un individuo cuyas preferencias son así criticadas responde insistiendo en que no le importa que sus preferencias sean gravemente incoherentes y, además, no tiene ninguna respuesta a las objeciones habituales a las incoherencias, yo por lo menos no veo ninguna razón para tomar en serio las ideas de ese individuo. Aquí es relevante la distinción del propio Feyerabend entre pensadores extravagantes y «respetables».

¹² *Against method*, p. 285.

¹³ Aunque Feyerabend no cita esta pareja de teorías como ejem-

es subjetivista. Hay que admitir que en las condiciones especificadas por el supuesto sociológico del que depende mi concepción objetivista del cambio de teoría habrá decisiones y elecciones subjetivas. Esta concepción supone la existencia de científicos con las habilidades y los recursos necesarios para aprovechar las oportunidades de desarrollo que se les presenten. Científicos y grupos de científicos diferentes podrán hacer elecciones diferentes cuando respondan a la misma situación, pero mi concepción del cambio de teoría no depende de las preferencias individuales que guían tales elecciones.

III. LA CIENCIA NO ES NECESARIAMENTE SUPERIOR A OTROS CAMPOS

Otro importante aspecto de la tesis de Feyerabend sobre la ciencia se refiere a la relación entre la ciencia y otras formas de conocimiento. Feyerabend señala que muchos metodólogos dan por supuesto, sin argumento alguno, que la ciencia (o quizá la física) constituye el paradigma de la racionalidad. Así, Feyerabend dice de Lakatos:

Una vez acabada su «reconstrucción» de la ciencia moderna, [Lakatos] se vuelve hacia otros campos como si ya hubiera quedado establecido que la ciencia moderna es superior a la magia o a la ciencia aristotélica y que sus resultados no son ilusorios. Sin embargo, no hay el menor argumento de este tipo. Las «reconstrucciones racionales» dan por supuesta la «sabiduría científica básica», no demuestran que es mejor que la «sabiduría básica» de las brujas y los magos¹⁴.

Feyerabend se queja, con razón, de que los defensores de la ciencia suelen juzgarla superior a otras formas de conocimiento sin investigar adecuadamente estas otras formas.

pló de teorías inconmensurables, parece aceptar que lo son, dado que la teoría de Lorentz incorpora la mecánica clásica y la concepción clásica de espacio, tiempo y masa.

¹⁴ *Against method*, p. 205, subrayado en el original.

Observa que los «racionalistas críticos» y los defensores de Lakatos han examinado la ciencia con gran detalle, pero que su «actitud hacia el marxismo o la astrología u otras herejías tradicionales es muy diferente. Aquí se consideran suficientes el examen más superficial y los argumentos más zafios»¹⁵ y respalda su afirmación con varios ejemplos.

Feyerabend no está dispuesto a aceptar la necesaria superioridad de la ciencia sobre otras formas de conocimiento. Además, a la luz de su tesis sobre la inconmensurabilidad, rechaza la idea de que pueda haber un argumento decisivo en favor de la ciencia frente a otras formas de conocimiento inconmensurables con ella. Si se compara la ciencia con otras formas de conocimiento, será necesario investigar la naturaleza, los objetivos y los métodos de la ciencia y de estas otras formas de conocimiento. Esto se hará mediante el estudio de los «documentos históricos: libros, papeles originales, actas de reuniones y conversaciones privadas, cartas, etc.»¹⁶ Ni siquiera se puede suponer, sin una investigación más a fondo, que una forma de conocimiento que esté siendo investigada deba ajustarse a las reglas de la lógica tal como normalmente las entienden los filósofos y los racionalistas contemporáneos. El hecho de no ajustarse a las exigencias de la lógica clásica puede ser un defecto, pero no lo es necesariamente. Un ejemplo ofrecido por Feyerabend se refiere a la mecánica cuántica moderna. Para considerar la cuestión de si los modos de razonamiento implícitos en alguna versión de esta teoría violan o no las normas de la lógica clásica, es necesario investigar la mecánica cuántica y la forma en que funciona. Esta investigación puede revelar un nuevo tipo de lógica cuyas ventajas sobre la lógica más tradicional puedan ser demostradas en el contexto de la mecánica cuántica. Por otra parte, el descubrimiento de violaciones de la lógica puede por supuesto constituir una seria crítica a la mecánica cuántica. Esto sucedería por ejemplo si se descubrieran contradiccio-

¹⁵ P. Feyerabend, «On the critique of scientific reason», en *Method and appraisal in the physical sciences*, C. Howson, comp., p. 315, n. 9.

¹⁶ *Against method*, p. 253.

nes que tuvieran consecuencias indeseables; por ejemplo, si se descubriera que para cada acontecimiento predicho por la teoría se podía predecir también la negación de ese acontecimiento. No creo que Feyerabend discrepara en este último punto, pero tampoco creo que le dé la importancia debida.

Una vez más, acepto una parte sustancial de las tesis de Feyerabend sobre la comparación de la física con otras formas de conocimiento. Si deseamos saber cuáles son los objetivos y los métodos de una forma de conocimiento y en qué medida cumple estos objetivos, necesitamos estudiar esa forma de conocimiento. Puedo incluso apoyar la puntualización de Feyerabend con un ejemplo mío. Aunque en cierto modo sea una caricatura de la historia de la filosofía, se puede decir que en los dos mil años anteriores a Galileo, los filósofos discutieron si las teorías matemáticas son o no aplicables al mundo físico, dando los platónicos una respuesta afirmativa y los aristotélicos una negativa. Galileo zanjó esta cuestión no ofreciendo un argumento filosófico decisivo, sino haciéndolo. Podemos aprender cosas acerca de la forma en que es posible describir algunos aspectos del mundo físico analizando la física a partir de Galileo. Para comprender la naturaleza tal vez cambiante de la física, necesitamos investigar la física, del mismo modo que para comprender otras formas de conocimiento necesitamos investigar esas otras formas. No es lícito, por ejemplo, rechazar el marxismo sobre la base de que no se ajusta a alguna idea preconcebida del método científico, como hace Popper, o defenderlo por motivos similares, como hace Althusser.

Aunque estoy de acuerdo aquí con la tesis básica de Feyerabend, el uso que desearía darle es algo diferente. El falso supuesto de que hay un método científico universal al que deberían ajustarse todas las formas de conocimiento desempeña un papel perjudicial en nuestra sociedad aquí y ahora, especialmente a la luz del hecho de que la versión del método científico a la que normalmente se recurre es una tosca versión empirista o inductivista. Esto es especialmente aplicable al campo de la teoría social, en el que

se defienden en nombre de la ciencia teorías que sirven para manipular aspectos de nuestra sociedad a un nivel superficial (investigación de mercado, psicología conductista) en lugar de servir para comprenderla y ayudarnos a cambiarla a un nivel más profundo. En lugar de centrarse en lo que son para mí problemas sociales urgentes como éstos, Feyerabend compara la ciencia con el vudú, la astrología, etc., y argumenta que estos últimos no pueden ser descartados recurriendo a un criterio general de cientificidad y racionalidad. Hay dos razones por las que no me gusta esta insistencia. La primera es que no estoy convencido de que un estudio detallado del vudú o la astrología revelara que tienen objetivos bien definidos y métodos de conseguir estos objetivos, aunque debo admitir que, dado que no he realizado ese análisis, esto es en cierto modo un prejuicio. Realmente, nada de lo que ha escrito Feyerabend me anima a cambiar de opinión. La segunda razón es que el estatus del vudú, la astrología, etc., no es un problema urgente en nuestra sociedad, aquí y ahora. Simplemente, no estamos en condiciones de tener una «libre elección» entre la ciencia y el vudú, o entre la racionalidad occidental y la de la tribu de los nuer.

IV. LA LIBERTAD DEL INDIVIDUO

Buena parte de la tesis de Feyerabend en *Against method* es negativa. Implica la negación de la idea de que hay un método capaz de explicar la historia de la física y de que se puede establecer la superioridad de la física sobre otras formas de conocimiento recurriendo a un método científico. Sin embargo, hay un aspecto positivo en la postura de Feyerabend. Feyerabend defiende lo que denomina «actitud humanitaria». De acuerdo con esta actitud, los seres humanos deberían ser libres y tener libertad en un sentido algo similar al que defendía John Stuart Mill en su ensayo *On liberty*. Feyerabend está a favor del «intento de incrementar la libertad de llevar una vida plena y gratificante» y apoya a Mill cuando aboga por «el cultivo de la individua-

lidad, que es la única que produce, o puede producir, seres humanos bien desarrollados»¹⁷. Desde este punto de vista humanitario, la concepción anarquista de la ciencia que ofrece Feyerabend se ve respaldada porque, dentro de la ciencia, incrementa la libertad de los individuos al fomentar la supresión de todos los imperativos metodológicos, mientras que en un contexto más amplio fomenta la libertad para que los individuos elijan entre la ciencia y otras formas de conocimiento.

Desde el punto de vista de Feyerabend, la institucionalización de la ciencia en nuestra sociedad es incompatible con la actitud humanitaria. En las escuelas, por ejemplo, se enseña la ciencia como algo natural. «Así, mientras que un americano puede escoger ahora la religión que más le guste, no se le permite todavía exigir que su hijo estudie magia en lugar de ciencia en la escuela. Hay una separación entre la Iglesia y el Estado, pero no la hay entre el Estado y la ciencia»¹⁸. Lo que tenemos que hacer ante esto, escribe Feyerabend, es «liberar a la sociedad del dogal de una ciencia ideológicamente petrificada, del mismo modo que nuestros antepasados nos liberaron del dogal de la Única Religión Verdadera»¹⁹. En la sociedad libre cuya imagen nos ofrece Feyerabend, no se dará preferencia a la ciencia sobre otras formas de conocimiento u otras tradiciones. Un ciudadano maduro en una sociedad libre es «una persona que ha aprendido a pensar con su cabeza y que se ha *decidido* entonces a favor de lo que piensa que le conviene más». La ciencia será estudiada como un fenómeno histórico, «junto con otros cuentos de hadas tales como los mitos de las sociedades "primitivas"», de forma que cada individuo «tenga la información necesaria para llegar a una decisión libre»²⁰. En la sociedad ideal de Feyerabend, el Estado es ideológicamente neutral. Su función es orquestar la lucha entre las ideologías para que los indi-

¹⁷ *Ibid.*, p. 20.

¹⁸ *Ibid.*, p. 299.

¹⁹ *Ibid.*, p. 307.

²⁰ *Ibid.*, p. 308, subrayado en el original.

viduos conserven la libertad de elección y no se les imponga una ideología contra su voluntad²¹.

La noción de libertad del individuo que Feyerabend toma prestada de Mill está expuesta a una objeción habitual. Esta noción, que considera la libertad como la liberación de toda obligación, pasa por algo el aspecto positivo de la cuestión, es decir, las posibilidades a las que los individuos tienen acceso dentro de una estructura social. Por ejemplo, si analizamos la libertad de expresión en nuestra sociedad únicamente desde el punto de vista de la liberación de la censura, pasamos por alto cuestiones tales como la medida en que los diferentes individuos tienen acceso a los medios de comunicación. El filósofo del siglo XVIII David Hume ilustraba muy bien este punto cuando criticaba la idea del contrato social de John Locke. Locke pensaba que el contrato social era libremente adoptado por los miembros de una sociedad democrática y afirmaba que cualquiera que no quisiera suscribir el contrato era libre de emigrar. Hume replicaba:

¿Podemos decir seriamente que un campesino o un artesano pobre tiene libertad de elección para dejar su país cuando no conoce ninguna lengua o costumbre extranjera y vive al día del pequeño salario que percibe? Igualmente podríamos afirmar que un hombre que permanece en un barco consiente libremente en la dominación del capitán, aun cuando haya sido llevado a bordo mientras dormía y para dejar el barco tenga que saltar al mar y perecer²².

Todos los individuos nacen en una sociedad preexistente y por tanto no libremente elegida. La libertad que tenga un individuo dependerá de la posición que ocupe en la es-

²¹ El ideal de sociedad libre de Feyerabend es tratado superficialmente en *Against method*, y desarrollado con más detalle en *Science in a free society*, Londres, New Left Books, 1978.

²² La cita de *Of the original contract* de Hume puede encontrarse en E. Barker, *Social contract: essays by Locke, Hume and Rousseau*, Londres, Oxford University Press, 1976, p. 156. Las tesis específicas de Locke criticadas en este pasaje se pueden encontrar en las pp. 70-72 del mismo volumen.

tructura social, de modo que el análisis de la estructura social es un requisito previo para comprender la libertad del individuo. Hay al menos un pasaje en *Against method* en el que Feyerabend indica que es consciente de este tipo de cuestión. En una nota a una observación acerca de la libertad de investigación señala:

El científico está además limitado por las propiedades de sus instrumentos, la cantidad de dinero disponible, la inteligencia de sus ayudantes, las actitudes de sus colegas, sus compañeros: está limitado por innumerables imperativos físicos, fisiológicos, sociológicos, históricos²³.

Las posteriores palabras de Feyerabend acerca de la libertad del individuo no prestan la debida atención a los imperativos que operan en la sociedad. Así como un científico que espera hacer una contribución a la ciencia se enfrenta con una situación objetiva, así también un individuo que espera mejorar la sociedad se enfrenta con una situación social objetiva. Además, así como un científico en una situación dada tendrá a su disposición una serie de técnicas teóricas y experimentales, así también un reformador social en una situación social determinada tendrá acceso a una serie de técnicas políticas. En ambos casos, las acciones y aspiraciones del individuo sólo pueden ser debidamente valoradas y analizadas teniendo en cuenta las materias primas con las que tiene que trabajar y los «instrumentos» o «medios de producción» disponibles²⁴. Si queremos cambiar a mejor la sociedad contemporánea, entonces no tenemos más alternativa que partir de la sociedad con la que nos enfrentamos e intentar cambiarla con los medios que existan. Desde este punto de vista, el ideal utópico de sociedad libre que ofrece Feyerabend no es de ayuda alguna.

²³ *Against method*, p. 187.

²⁴ Louis Althusser ha hecho una útil analogía entre la producción material y otras formas de producción, tales como la producción de conocimiento y la producción de cambio social. Véase especialmente su *For Marx*, Harmondsworth, Allen Lane, 1969, cap. 6.

Lo que puede ser visto con facilidad, y en mi experiencia lo es frecuentemente, como el mensaje de los recientes escritos de Feyerabend es que todos deberían seguir sus inclinaciones individuales y hacer lo que quisieran. En caso de ser adoptada, esta tesis podría llevar a una situación en la que aquellos que ya tuvieran acceso al poder lo conservarían. Como dice John Krige, de una forma que me hubiera gustado que se me ocurriera a mí, «*todo vale...* significa que, en la práctica, *todo sigue igual*»²⁵.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

En *Science in a free society*, Londres, New Left Books, 1978, Feyerabend desarrolla algunas de las ideas de *Against method* y responde a algunos de sus críticos. Un artículo breve y útil que presenta la esencia de la postura de Feyerabend es «How to defend society against science», *Radical philosophy*, 11, 1975, páginas 3-8. En general, las críticas a la postura de Feyerabend que han aparecido no son de un alto nivel. El individualismo radical que se puede encontrar en los escritos de Feyerabend, en parte justificadamente, es criticado con dureza desde una perspectiva marxista althusseriana en J. Curthoys y W. Suchting, «Feyerabend's discourse against method: a marxist critique», *Inquiry*, 20, 1977, pp. 243-397.

13. REALISMO, INSTRUMENTALISMO Y VERDAD

I. OBSERVACIONES PRELIMINARES

En este capítulo y en el siguiente intentaré tratar algunas cuestiones problemáticas acerca de la relación entre las teorías científicas y el mundo al que se las pretende aplicar. Por una parte, tenemos unas teorías científicas que son construcciones humanas y están sujetas a cambios y desarrollos tal vez incésantes. Por otra, tenemos el mundo al que se pretende aplicar estas teorías y cuyo modo de comportamiento, al menos en el caso del mundo físico, no está sujeto a cambios. ¿Cuál es la relación entre las dos esferas?

Una posible respuesta a esta cuestión es que las teorías describen, o aspiran a describir, qué es realmente el mundo. Utilizaré el término «realismo» para definir las posturas que adoptan una versión de esta respuesta. Desde el punto de vista realista, la teoría cinética de los gases describe qué son realmente los gases. La teoría cinética es interpretada como una teoría que afirma que los gases están realmente compuestos de moléculas que se mueven al azar y chocan unas con otras y con las paredes del recipiente que las contiene. Similarmente, desde un punto de vista realista, la teoría electromagnética clásica es interpretada como una teoría que afirma que hay realmente campos eléctricos y magnéticos en el mundo que obedecen a las ecuaciones de Maxwell y partículas con carga que obedecen a la ecuación de la fuerza de Lorentz.

De acuerdo con una concepción alternativa, que denominaré instrumentalismo, el componente teórico de la ciencia no describe la realidad. Las teorías son entendidas como instrumentos destinados a relacionar un conjunto de esta-

²⁵ John Krige, *Science, revolution and discontinuity*, Brighton (Sussex), Harvester, 1980, p. 142, subrayado en el original.

dos de cosas observables con otros. Para el instrumentalista, las moléculas en movimiento a las que se refiere la teoría cinética de los gases son cómodas ficciones que permiten a los científicos establecer relaciones y hacer predicciones acerca de las manifestaciones observables de las propiedades de los gases, mientras que los campos y las cargas de la teoría electromagnética son ficciones que permiten a los científicos hacer lo mismo con los imanes, los cuerpos cargados de electricidad y los circuitos portadores de corriente.

El realismo conlleva normalmente la idea de verdad. Para el realista, la ciencia aspira a dar descripciones *verdaderas* de lo que es realmente el mundo. Una teoría que describa correctamente algún aspecto del mundo y su modo de comportamiento será cierta, mientras que una teoría que describa incorrectamente algún aspecto del mundo y su modo de comportamiento será falsa. De acuerdo con el realismo, como normalmente se le concibe, el mundo existe independientemente de nosotros como conocedores y es como es independientemente de nuestro conocimiento teórico de él. Las teorías verdaderas describen correctamente esa realidad. Si una teoría es cierta, lo es porque el mundo es como es. El instrumentalismo conllevará también normalmente una idea de verdad, pero de forma más restringida. Las descripciones del mundo observable serán verdaderas o falsas según lo describan o no correctamente. Sin embargo, las construcciones teóricas, que están destinadas a darnos un control instrumental del mundo observable, no serán juzgadas por su verdad o falsedad, sino más bien por su utilidad como instrumentos.

La idea de que la ciencia aspira a dar una definición verdadera de la realidad es utilizada a menudo como contrapunto al relativismo. Popper, por ejemplo, utiliza de esta forma la verdad. De acuerdo con esta utilización, una teoría puede ser verdadera aun cuando nadie crea en ella y puede ser falsa aun cuando todo el mundo crea en ella. Las teorías verdaderas, si es que de hecho son verdaderas, no lo son en relación con las creencias de unos individuos o grupos. La verdad, entendida como una correcta defini-

ción de la realidad. Es verdad objetiva para los realistas como Popper.

Más adelante en este capítulo argumentaré que la idea de verdad normalmente asociada al realismo es problemática. Antes de ello, examinaré con más detalle el instrumentalismo y demostraré que el realismo parece tener ventajas claras sobre él.

II. INSTRUMENTALISMO

El instrumentalismo en su forma radical conlleva una clara distinción entre los conceptos aplicables a las situaciones observables y los conceptos teóricos. La finalidad de la ciencia es producir teorías que constituyan mecanismos o instrumentos convenientes para relacionar un conjunto de situaciones observables con otro. Las descripciones del mundo que conllevan entidades observables describen cómo es en realidad el mundo, pero no ocurre así con las descripciones de los sistemas que conllevan conceptos teóricos. Estos últimos han de ser interpretados como ficciones útiles que facilitan nuestros cálculos. Algunos ejemplos sencillos ilustrarán la postura instrumentalista. El instrumentalista ingenuo admitirá que en el mundo hay realmente bolas de billar y que éstas pueden rodar a diversas velocidades, colisionando entre sí y con los bordes de una mesa de billar, que también existe realmente. En este contexto hay que considerar la mecánica newtoniana como un instrumento de cálculo que nos permite deducir las posiciones y velocidades observables de las bolas de billar en un momento dado a partir de las posiciones y velocidades observables en otro momento distinto. No hay que suponer que las fuerzas implicadas en estos cálculos y en otros similares (las fuerzas impulsoras debidas al impacto, las fuerzas de fricción, etc.) sean entidades que existen realmente. Son invenciones del físico. De manera similar, nuestro instrumentalista también considera que los átomos y las moléculas implicados en la teoría cinética de los gases son cómodas ficciones teóricas. Hay que justificar la intro-

ducción de estas entidades teóricas por su utilidad para relacionar un conjunto de observaciones sobre un sistema físico que conlleva gases (la altura del mercurio en un manómetro, la lectura de un termómetro, etc.) con otro conjunto similar. Las teorías científicas no son más que conjuntos de reglas para relacionar un conjunto de fenómenos observables con otro. Los amperímetros, las limaduras de hierro, los planetas y los rayos de luz existen en el mundo. Los electrones, los campos magnéticos, los epiciclos tolemaicos y el éter no.

Si hay cosas que existen en el mundo además de las cosas observables y que quizá sean responsables del comportamiento de las cosas observables, eso es algo que no interesa al instrumentalista ingenuo. Cualquiera que sea su postura acerca de esta cuestión, para él no es asunto de la ciencia establecer lo que puede existir más allá del reino de la observación. La ciencia no nos proporciona un medio seguro de llenar el vacío entre lo observable y lo inobservable.

Los análisis realizados desde el comienzo de este libro aportan un amplio material para criticar esta variedad ingenua de instrumentalismo. Quizá la crítica más fundamental sea la que atañe a la clara distinción que establece el instrumentalista entre las entidades observacionales y las teóricas. El hecho de que todos los términos observacionales tienen una carga teórica se defendió ampliamente en el capítulo 3. Los planetas, los rayos de luz, los metales y los gases son en algún grado conceptos teóricos y adquieren al menos en parte su significado en la red teórica en la que figuran. Las velocidades, que el instrumentalista atribuía de buena gana a las bolas de billar en nuestro ejemplo anterior, eran casos de un concepto teórico especialmente sofisticado, el cual implicaba la idea de un límite matemático, que costó bastante ingenio y trabajo desarrollar. Incluso el concepto de bola de billar implica propiedades teóricas tales como individualidad y rigidez. En la medida en que los instrumentalistas comparten con los inductivistas una actitud precavida que les anima a no afirmar nada que no se pueda derivar con seguridad de la

sólida base de la observación, su postura se ve socavada por el hecho de que todos los enunciados observacionales dependen de la teoría y son falibles. La postura instrumentalista ingenua descansa en una distinción que no existe.

El hecho de que las teorías puedan conducir a predicciones nuevas constituye algo molesto para los instrumentalistas. Les debe parecer un extraño accidente que las teorías que se supone son meros instrumentos de cálculo puedan conducir al descubrimiento de nuevos tipos de fenómenos observables por medio de conceptos que son ficciones teóricas. El desarrollo de las teorías sobre la estructura molecular de los compuestos químicos orgánicos proporciona un bonito ejemplo. La idea de que la estructura molecular de algunos compuestos, por ejemplo el benceno, debía consistir en anillos cerrados de átomos fue propuesta por vez primera por Kekulé. El propio Kekulé tenía una actitud en cierto modo instrumentalista hacia su teoría y consideraba que sus estructuras anulares eran útiles ficciones teóricas. Según esto, hay que considerar como una notable coincidencia que en nuestros días se puedan ver casi «directamente» estas ficciones teóricas a través de los microscopios electrónicos. De manera similar, los defensores instrumentalistas de la teoría cinética de los gases deben haber quedado algo sorprendidos al observar los resultados de las colisiones de sus ficciones teóricas con partículas de humo en el fenómeno del movimiento browniano. Por último, el propio Hertz informó que había podido producir los campos de la teoría electromagnética de Maxwell de una «forma visible y casi tangible». Episodios como éstos socavan la afirmación instrumentalista ingenua de que las entidades teóricas tienen una existencia ficticia o irreal, lo que no ocurre con las entidades observables. En la sección IV saldrán a la luz otras dificultades del instrumentalismo.

En la medida en que están dispuestos a conjeturar que las entidades teóricas de sus teorías corresponden a lo que realmente existe en el mundo, los realistas son más especulativos y audaces, son menos precavidos y están menos a la defensiva que los instrumentalistas. A la luz de esto y del

análisis de la superioridad de la concepción falsacionista de la ciencia sobre la inductivista llevado a cabo en los capítulos 4 y 5, podemos esperar que la postura realista sea más productiva que la instrumentalista. Un ejemplo histórico mostrará que es así.

Algunos contemporáneos de Copérnico y Galileo adoptaron una actitud instrumentalista frente a la teoría copernicana. En el prefacio a la principal obra de Copérnico, *De las revoluciones de los cuerpos celestes*, Osiander escribía:

... constituye el deber de un astrónomo componer la historia de los movimientos celestes a través de una observación cuidadosa y hábil. Luego, pasando a las causas de estos movimientos o a las hipótesis acerca de ellos, debe concebir e idear, ya que en modo alguno puede llegar a las causas verdaderas, hipótesis que, al ser asumidas, permitan calcular correctamente los movimientos a partir de los principios de la geometría, tanto para el futuro como para el pasado. El autor [Copérnico] ha cumplido estos dos deberes de manera excelente, ya que estas hipótesis no necesitan ser verdaderas ni siquiera probables; es suficiente que proporcionen un cálculo coherente con las observaciones¹.

No hay que considerar la teoría copernicana como una descripción de lo que realmente es el mundo. No afirma que realmente la tierra se mueva alrededor del sol. Más bien es un instrumento de cálculo que permite relacionar un conjunto de posiciones planetarias observables con otros conjuntos. Los cálculos resultan más fáciles si se trata el sistema planetario como si el sol estuviera en el centro.

Por el contrario, Galileo era realista. Cuando se levantó del suelo tras haber confesado de rodillas ante la Inquisición romana los «errores en que había incurrido» al defender el sistema copernicano, se dice que dio una patada en el suelo y que murmuró: «Y, sin embargo, se mueve». Para un realista defensor de la teoría copernicana, la tierra se mueve *realmente* alrededor del sol.

¹ E. Rosen, *Three Copernican treatises*, Nueva York, Dover, 1962, página 125.

Los defensores de Osiander tenían buenas razones para seguir su línea instrumentalista. Al hacerlo, evitaban ciertamente las controversias que se desencadenaron en torno al conflicto entre la teoría copernicana, por un lado, y la cristiandad de la época y la metafísica aristotélica, por otro. También había argumentos físicos en contra del sistema copernicano, ya analizados en el capítulo 6, y una interpretación instrumentalista de la teoría la protegía de esas dificultades. Por el contrario, la postura realista que defendía Galileo planteaba muchos problemas. Justamente fueron esos problemas los que proporcionaron un importante incentivo para desarrollar una óptica y una mecánica más adecuadas. Como demostró nuestro anterior estudio, la actitud realista fue la productiva, al menos en este caso. Aunque la teoría copernicana no hubiera resultado capaz de superar sus insuficiencias, se habría aprendido mucho de óptica y mecánica en el proceso. Hay que preferir la actitud realista a la instrumentalista ingenua porque abre más oportunidades de desarrollo.

III. LA TEORÍA DE LA VERDAD COMO CORRESPONDENCIA

Como se indicó en la sección I, la postura realista típica conlleva una idea de verdad según la cual se puede decir que las teorías verdaderas dan una descripción correcta de algún aspecto del mundo real. En esta sección investigaré los intentos que se han hecho por precisar la idea de verdad aplicable en este contexto. Aunque no lo argumentaré aquí, parto del supuesto de que la llamada «teoría de la verdad como correspondencia» es la única teoría viable que aspira a una concepción de la verdad capaz de satisfacer las exigencias del realista, y me limitaré a analizar y criticar esta teoría.

La idea general de teoría de la verdad como correspondencia parece bastante sencilla y puede ser ilustrada con ejemplos sacados del discurso ordinario de tal forma que parezca casi trivial. De acuerdo con la teoría de la verdad

como correspondencia, una frase es verdadera si corresponde a los hechos. Así, la frase «el gato está encima del felpudo» es verdadera si corresponde a los hechos, esto es, si hay de verdad un gato encima del felpudo, mientras que es falsa si no hay ningún gato encima del felpudo. Una frase es verdadera si las cosas son como dice la frase que son y falsa si no lo son.

Un problema de la idea de verdad es la facilidad con que su uso puede llevar a paradojas. La llamada paradoja del mentiroso puede servirnos de ejemplo. Si afirmo: «Nunca digo la verdad», entonces si lo que digo es verdad, lo que digo es falso. Otro ejemplo bien conocido es el siguiente. Imaginemos una carta en una de cuyas caras está escrito: «La frase escrita en la otra cara de esta carta es verdadera», mientras que en la otra cara pone: «La frase escrita en la otra cara de esta carta es falsa». No es difícil comprender que, en esta situación, se puede llegar a la conclusión paradójica de que cualquiera de las frases de la carta es a la vez verdadera y falsa.

El lógico Alfred Tarski demostró cómo se pueden evitar las paradojas en un determinado sistema de lenguaje. El paso crucial es su insistencia en que, cuando se habla de la verdad o falsedad de las frases en un sistema de lenguaje, hay que distinguir cuidadosa y sistemáticamente las frases en el sistema de lenguaje del que se habla, el «objeto lenguaje», de las frases en el sistema de lenguaje en el que se habla del objeto lenguaje, el «metalenguaje». Con respecto a la paradoja de la carta, si adoptamos la teoría de Tarski, debemos decidir si las frases de la carta pertenecen al sistema de lenguaje del que se habla o al sistema de lenguaje en el que se habla. Si se considera que las frases de ambas caras de la carta pertenecen al objeto lenguaje, entonces no se puede pensar que se refieran la una a la otra. Si se sigue la regla de que cada una de las frases debe pertenecer al objeto lenguaje o al metalenguaje, pero no a los dos, de manera que ninguna de las frases pueda referirse a la otra y al mismo tiempo ser objeto de referencia por parte de la otra, no surge ninguna paradoja.

Una idea clave de la teoría de la verdad como corres-

pondencia de Tarski es, pues, que si queremos hablar de la verdad de las frases de un determinado lenguaje, necesitamos un lenguaje más general, el metalenguaje, en el que nos podamos referir tanto a las frases del objeto lenguaje como a los hechos a los que se supone que corresponden estas frases del objeto lenguaje. Tarski tuvo que demostrar cómo se puede desarrollar sistemáticamente la idea de la verdad como correspondencia para todas las frases del objeto lenguaje de forma que se eviten las paradojas. La razón de que esto fuera una tarea técnicamente difícil es que todo lenguaje interesante tiene un número infinito de frases. Tarski logró su tarea en lenguajes con un número finito de predicados de posición única, es decir, predicados como «es blanco» o «es una mesa». Su técnica daba por supuesto lo que significa que un predicado sea satisfecho por un objeto x . Los ejemplos del lenguaje cotidiano parecen triviales. El predicado «es blanco», por ejemplo, es satisfecho por el objeto si x es blanco y sólo en ese caso, y el predicado «es una mesa» es satisfecho por x si x es una mesa y sólo en ese caso. Partiendo de esta idea de satisfacción de todos los predicados de un lenguaje, Tarski demostró que se puede elaborar una idea de verdad para todas las frases del lenguaje. Para emplear una terminología técnica, dando por sentada la noción de satisfacción primitiva, Tarski definió la verdad de forma recursiva.

El resultado de Tarski tuvo ciertamente una gran importancia técnica para la lógica matemática. Tuvo un gran impacto sobre la teoría del modelo y también tuvo ramificaciones para la teoría de la prueba. También demostró por qué se pueden producir contradicciones cuando se analiza la verdad en los lenguajes naturales e indicó cómo se pueden evitar estas contradicciones. ¿Consiguió Tarski algo más? En concreto, ¿dio algún paso hacia una explicación de la idea de verdad que pueda ayudarnos a entender la afirmación de que la verdad es la finalidad de la ciencia? El propio Tarski no lo creía. Consideraba su explicación como «epistemológicamente neutral». Otros no comparten la opinión de Tarski; Popper, por ejemplo, escribe: «Tarski... rehabilitó la teoría de la verdad absoluta u obje-

tiva como correspondencia, que se había vuelto sospechosa. Reivindicó el libre uso de la idea intuitiva de la verdad como correspondencia a los hechos². Veamos el uso que hace Popper de Tarski para ver si el primero es capaz de demostrar la afirmación de que tiene sentido hablar de la verdad como la finalidad de la ciencia.

He aquí el intento de Popper de elucidar la idea de «correspondencia a los hechos»:

... en primer lugar consideraremos las dos formulaciones siguientes, cada una de las cuales establece de modo muy simple (en un metalenguaje) en qué condiciones corresponde a los hechos una cierta afirmación (de un objeto lenguaje).

1. El enunciado o afirmación «la nieve es blanca» corresponde a los hechos si la nieve es, de hecho, blanca, y sólo en ese caso.
2. El enunciado o afirmación «la hierba es roja» corresponde a los hechos si la hierba es, de hecho, roja, y sólo en ese caso³.

Esto es todo lo que en realidad tiene que ofrecer Popper a modo de intento de articular lo que significa decir de una afirmación científica que es verdadera o que corresponde a los hechos. A la vista de ello, las formulaciones 1 y 2 de Popper son tan evidentemente correctas que se quedan en mera pedantería de filósofo.

Los ejemplos que ofrece Popper están tomados del discurso cotidiano, del sentido común. El tratamiento popperiano de la verdad se compone esencialmente del aparato de Tarski más la idea de verdad propia del sentido común. Ahora bien, es evidente que la idea de verdad propia del sentido común tiene algún tipo de significado y aplicabilidad; de otro modo, no tendríamos esta idea en nuestro lenguaje y no seríamos capaces, por ejemplo, de establecer una distinción entre verdad y mentira. Es precisamente

² K. R. Popper, *Conjectures and refutations*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1963, p. 223.

³ *Ibid.*, p. 224.

porque tenemos una concepción de la verdad significativa y cotidiana por lo que las frases 1 y 2 de Popper antes citadas parecen obvia y trivialmente correctas. La cuestión importante que se suscita aquí es: «¿Es la idea de verdad propia del sentido común suficiente para dar sentido a la afirmación de que la verdad es la finalidad de la ciencia?». En la siguiente sección argumentaremos que no lo es.

IV. PROBLEMAS DE LA IDEA DE VERDAD PROPIA DEL SENTIDO COMÚN

Antes de hablar de los problemas que tiene para su aplicación a la ciencia la idea de la verdad como correspondencia propia del sentido común, me gustaría rebatir una objeción a aquélla que considero equivocada. Si me preguntan a qué corresponde un enunciado como «el gato está encima del felpudo», entonces, a menos que me niegue a contestar, debo responder con un enunciado. Responderé que «el gato está encima del felpudo» corresponde a que el gato está encima del felpudo. Los que apoyan la objeción en que estoy pensando replicarán a esto diciendo que al dar mi respuesta no he establecido una relación entre un enunciado y el mundo, sino entre un enunciado y otro enunciado. Esta es una objeción equivocada, como puede mostrarse con una analogía. Si tengo un mapa de Australia y me preguntan a qué se refiere el mapa, entonces la respuesta es «Australia». Al dar esta respuesta no digo que el mapa se refiera a la palabra «Australia», pero si me preguntan a qué se refiere el mapa debo dar una contestación verbal. Ni en el caso del gato ni en el del mapa es razonable decir que mi contestación verbal implica la afirmación de que en el primer caso la frase «el gato está encima del felpudo» y en el segundo caso el mapa se refieren a algo verbal. Para mí al menos, la afirmación de que «el gato está encima del felpudo» se refiere a que el gato está encima del felpudo es perfectamente inteligible y, al menos desde el punto de vista del sentido común, trivialmente correcta.

Tras haber rebatido una objeción equivocada a la teo-

ría de la verdad como correspondencia, me gustaría hacer hincapié en un punto relacionado con ésta. Dentro de la teoría de la verdad como correspondencia, tenemos que referirnos, en el metalenguaje, a las frases de un sistema de lenguaje o teoría y a los hechos a los que estas frases pueden o no corresponder. Sin embargo, sólo podemos hablar de los hechos a los que pretende referirse una frase utilizando los mismos conceptos que están implícitos en la frase. Cuando digo «el gato está encima del felpudo» se refiere a que el gato está encima del felpudo», utilizo los conceptos «gato» y «felpudo» dos veces, una en el objeto lenguaje y otra en el metalenguaje, para referirme a los hechos. Sólo se puede hablar de los hechos a los que se refiere una teoría, y a los que se supone que corresponde, utilizando los conceptos de la propia teoría. Los hechos no son comprensibles para nosotros, ni podemos hablar de ellos, independientemente de nuestras teorías.

Si se supone que las teorías de la física corresponden a los hechos, las correspondencias implícitas serán notablemente diferentes de las implícitas en una conversación acerca de los gatos que están encima de los felpudos. El argumento central del libro de Roy Bhaskar *A realist theory of science*⁴ deja muy claro esto. El análisis de Bhaskar demuestra que las leyes y teorías científicas no pueden ser concebidas como la expresión de unas relaciones entre conjuntos de acontecimientos, como dirían muchos empiristas. Las leyes de la ciencia no pueden ser interpretadas como la expresión de conjunciones constantes de acontecimientos de la forma «los acontecimientos del tipo A van invariablemente acompañados o seguidos de acontecimientos del tipo B». El argumento de Bhaskar se basa en el hecho de que la física implica experimentación y en el papel que la experimentación desempeña en la física. Los experimentos son realizados por agentes humanos. Los agentes humanos idean y reúnen los proyectos experimentales que constituyen los sistemas más o menos cerrados adecuados para

⁴ Roy Bhaskar, *A realist theory of science*, Brighton (Susséx), Harvester, 1978.

comprobar leyes y teorías científicas. Los acontecimientos que se producen durante la ejecución de un experimento, los destellos en la pantalla, la posición del fiel en la balanza, etc., son en cierto sentido ocasionados por agentes humanos. No se producirían de no ser por la intervención de agentes humanos. Aunque es cierto que, en este sentido, las conjunciones de acontecimientos relevantes para la comprobación de las leyes son ocasionadas por seres humanos, las leyes que son comprobadas gracias a los experimentos no son ocasionadas por seres humanos. (Puedo fácilmente hacer que fracase un experimento con una intervención torpe y, por tanto, hacer que fracase la anhelada conjunción de acontecimientos. Con ello no hago que fracasen las leyes de la naturaleza.) Por consiguiente, debe hacerse una distinción entre las leyes de la física y las secuencias de acontecimientos normalmente producidos en una actividad experimental, que constituyen la demostración de esas leyes.

Si pienso que la física es una búsqueda de la verdad, las correspondencias implícitas son fundamentalmente diferentes de la que se expresan en los enunciados acerca de que la nieve es blanca y los gatos están encima de los felpudos. En términos generales, las leyes de la física seleccionan ciertas propiedades o características que pueden ser atribuidas a objetos o sistemas del mundo (por ejemplo, la masa) y expresan las formas en que tienden a comportarse estos objetos o sistemas en virtud de aquellas propiedades o características (por ejemplo, la ley de la inercia). En general, los sistemas del mundo poseerán otras características además de las seleccionadas por una determinada ley, y estarán sujetos a la acción simultánea de tendencias en su comportamiento asociadas a estas características adicionales. Por ejemplo, una hoja que cae es a la vez un sistema mecánico, hidrodinámico, químico, biológico, óptico y térmico. Las leyes de la naturaleza no se refieren a las relaciones entre acontecimientos localizables, tales como gatos que están encima de felpudos, sino a algo que podríamos llamar *tendencias transfactuales*.

Tomemos como ejemplo la primera ley del movimiento

de Newton, la ley que Alexander Koyré describía como la explicación de lo real por lo imposible. Ciertamente, ningún cuerpo se ha movido jamás de una forma que ejemplifique perfectamente esta ley. Sin embargo, si la ley es correcta, todos los cuerpos la obedecen, aunque rara vez tengan la posibilidad de demostrarlo. El propósito de la experimentación es darles la posibilidad de demostrarlo. Si las leyes de Newton son «verdaderas», lo son siempre. No son verdaderas sólo en condiciones controladas experimentalmente. Si lo fueran, no estaría justificado aplicarlas fuera de las condiciones experimentales. Si las leyes de Newton son verdaderas, son siempre verdaderas, pero habitualmente van acompañadas de la acción simultánea de otras tendencias. Si las leyes de Newton corresponden a algo, es a unas tendencias transfactuales, que son muy diferentes de unos estados de cosas localizados como los gatos que están encima de los felpudos.

Hasta ahora, nos hemos ocupado del tipo de correspondencias que podrían estar implicadas en la física. Consideremos ahora algunas razones para dudar de que la física pueda ser concebida como una búsqueda de la verdad.

El tipo de problema en que estoy pensando ha sido planteado por Kuhn⁵. Se refiere a la falta de convergencia mostrada por la historia de la física con respecto a los tipos de cosas que existen y las tendencias que tienen. La historia de la óptica ofrece un ejemplo notable. En el progreso de la óptica desde Newton hasta los tiempos actuales encontramos que el rayo de luz es descrito primero como una corriente de partículas, luego como una onda y luego como algo que no es ni una corriente de partículas ni una onda. ¿Cómo puede esta secuencia de teorías ser concebida como un progresivo acercamiento a una descripción verdadera de lo que es el mundo realmente? Este problema surge, aunque no siempre de forma tan clara, cada vez que hay un avance revolucionario en la física.

Otro problema para la aplicación de la teoría de la ver-

dad como correspondencia a la física se refiere al hecho de que a menudo hay formulaciones alternativas y muy diferentes de la misma teoría. Ejemplos de ello son las formulaciones alternativas de la teoría electromagnética clásica: una formulación en términos de campos electromagnéticos que ocupan todo el espacio, y la otra en términos de cargas y corrientes localizadas que actúan a distancia, estando las acciones expresadas en forma de potenciales propagados con la velocidad de la luz. Otros ejemplos son las diversas formulaciones de la mecánica clásica y la mecánica cuántica. Parece ser que hay grandes posibilidades de que algunas de estas formulaciones alternativas sean equivalentes, en el sentido de que cualquier cosa que pueda ser predicha o explicada por una puede ser predicha y explicada por otra⁶. Las alternativas equivalentes de este tipo, si es que lo son, constituyen un estorbo para los defensores de la teoría de la verdad como correspondencia. Dichos defensores se enfrentan, por ejemplo, a la cuestión de si el mundo contiene realmente campos electromagnéticos o potenciales propagados, y no tienen medio alguno de responder a la pregunta.

Una tercera dificultad para los defensores de la teoría de la verdad como correspondencia se deriva del hecho de que nuestras teorías son productos humanos sujetos a desarrollo y cambio, mientras que el modo de comportamiento del mundo físico, que es el objeto de estas teorías, no lo es. La versión intransigente de la tesis de que la finalidad de la ciencia es la verdad choca con la simple observación: Desde el punto de vista de la teoría de la verdad como correspondencia, la meta ideal de cualquier rama de la ciencia será la «verdad absoluta u objetiva». Será la correcta descripción de aquel aspecto del mundo del que se ocupa esa rama en concreto de la ciencia. Aparte de algunos as-

⁶ No es éste el lugar para entrar en detalles acerca del debate sobre si los ejemplos que he dado constituyen de hecho alternativas equivalentes. Si se revelara que no existen alternativas equivalentes como las que yo he supuesto, entonces la objeción particular que hago aquí, por supuesto, desaparecería.

⁵ Véase Thomas Kuhn, *The structure of scientific revolutions*, páginas 206-7.

pectos secundarios, tales como las palabras utilizadas para denominar los rasgos preexistentes del mundo, la meta de una rama de la ciencia, la verdad, no será en modo alguno un producto social. Está predeterminada por la naturaleza del mundo antes de que la ciencia se embarque en ella. La ciencia, que es un producto social, si quisiera alcanzar alguna vez su meta, así concebida, dejaría bruscamente de ser un producto humano, social, para ser algo que, en un sentido fuerte, no sería en absoluto un producto humano. Yo por lo menos, encuentro que esto es poco probable, por no decir más.

V. LA APROXIMACION A LA VERDAD DE POPPER

Una importante contribución de Popper al proyecto de concebir la ciencia como una búsqueda de la verdad fue su reconocimiento de la importancia de la idea de aproximación a la verdad. Para Popper, el falibilista, las teorías del pasado que han sido reemplazadas, tales como las mecánicas de Galileo o Newton, son falsas a la luz de nuestras teorías actuales, mientras que por lo que respecta a las físicas modernas einsteiniana o cuántica, no podemos saber si son verdaderas. De hecho, son muy probablemente falsas y susceptibles de ser reemplazadas en el futuro por teorías superiores. A pesar de esta falsedad, o probable falsedad, de nuestras teorías, los falsacionistas como Popper gustan de decir que la ciencia progresa acercándose cada vez más a la verdad. Por ejemplo, se ven obligados a decir que la teoría de Newton está más cerca de la verdad que la de Galileo, aun cuando ambas sean falsas. Popper se dio cuenta de que era importante para él dar un sentido a la idea de *aproximación a la verdad* de forma que, por ejemplo, tuviera sentido decir que la teoría de Newton es mejor que la de Galileo como aproximación a la verdad.

Popper intentó dar un sentido a la aproximación a la verdad, o *verosimilitud*, como la llamó, en términos de las consecuencias verdaderas y falsas de una teoría. Si llamamos al conjunto de todas las consecuencias verdaderas de

una teoría su contenido de verdad y al conjunto de todas las consecuencias falsas de una teoría su contenido de falsedad, podremos decir, citando a Popper:

suponiendo que el contenido de verdad y el contenido de falsedad de dos teorías t_1 y t_2 sean comparables, podemos decir que t_2 es mucho más parecida a la verdad o corresponde mejor a los hechos que t_1 si (a) el contenido de verdad de t_2 es mayor que el de t_1 , pero no su contenido de falsedad, o (b) el contenido de falsedad de t_1 es mayor que el de t_2 , pero no su contenido de verdad y sólo en ese caso⁷.

Si vamos más lejos y suponemos que el tamaño de los dos conjuntos es medible, supuesto del que duda Popper, entonces podremos decir que la verosimilitud de una teoría es algo parecido a la medida de su contenido de verdad menos la medida de su contenido de falsedad. La afirmación de que una ciencia se aproxima a la verdad se puede expresar de la siguiente manera: «A medida que progresa una ciencia, la verosimilitud de sus teorías aumenta ininterrumpidamente»

No creo que este movimiento de Popper le permita superar las objeciones a la aplicación de la teoría de la verdad como correspondencia a la física analizadas en la sección anterior. Además, creo que se puede demostrar que la concepción popperiana del progreso como aproximación sucesiva a la verdad tiene un carácter instrumentalista que no está de acuerdo con sus aspiraciones realistas.

Si consideramos los cambios revolucionarios en el desarrollo de la física, entonces la teoría reemplazada como resultado de la revolución no es sólo inadecuada a la luz de la teoría que la reemplaza, sino que atribuye rasgos al mundo que éste no posee. Por ejemplo, la teoría de Newton atribuye una propiedad de «masa» a todos los sistemas

⁷ K. R. Popper, *Conjectures and refutations*, p. 233.

⁸ Los recientes intentos de diversos autores por hacer que la noción de verosimilitud sea más precisa llevan todos ellos el sello de un programa degenerador.

o partes de sistemas del mundo, mientras que, desde el punto de vista de la teoría de Einstein, no existe tal propiedad. La masa einsteiniana es una *relación* entre un sistema físico y un marco de referencia. Como hemos visto, tanto Kuhn como Feyerabend han subrayado hasta qué punto el mundo mecánico descrito por la teoría de Newton es diferente del mundo descrito por la teoría de Einstein. Las concepciones anticuadas e inadecuadas de masa, fuerza, espacio y tiempo, que son utilizadas en la formulación de la teoría newtoniana, son transmitidas a todas sus consecuencias deductivas. Por consiguiente, si hablamos estrictamente de verdad y falsedad, *todas esas consecuencias deductivas son falsas*. El contenido de verdad de la teoría de Newton es nulo, como el contenido de verdad de todas las teorías mecánicas anteriores a Einstein. El contenido de verdad de la propia teoría de Einstein tal vez resulte ser nulo después de una futura revolución científica. Visto de esta forma, el intento de Popper de comparar las teorías «falsas» comparando sus contenidos de verdad y falsedad, y concibiendo así la ciencia como una aproximación a la verdad, se viene abajo.

Hay una forma de hacer que la concepción popperiana de aproximación a la verdad sea inmune a este tipo de críticas. Esta forma consiste en interpretar las teorías instrumentalmente. Si, por ejemplo, añadimos a las afirmaciones de la teoría de Newton ciertos procedimientos prácticos para someterla a prueba, procedimientos definidos para medir la masa, la longitud y el tiempo, podemos decir que un gran número de las predicciones de la teoría newtoniana, interpretadas en términos de la lectura de balanzas y relojes, resultarán correctas dentro de los límites de la precisión experimental. Cuando se interpreta de esta forma, el contenido de verdad de la teoría de Newton, así como de otras teorías falsas, no es nulo y podría ser posible aplicar la concepción popperiana de aproximación a la verdad a otras teorías dentro de la física. Sin embargo, esta interpretación de la teoría popperiana de la verosimilitud introduce un elemento instrumentalista que choca con las intenciones realistas de Popper expresadas en otras par-

tes. Choca, por ejemplo, con la afirmación de que «lo que intentamos en la ciencia es describir y (en la medida de lo posible) explicar la realidad»⁹. En el próximo capítulo ofreceré un argumento convincente para demostrar que este abandono instrumentalista del realismo es insuficiente.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

El realismo y el instrumentalismo son analizados en K. R. Popper, «Three views concerning human knowledge», en *Conjectures and refutations*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1969, pp. 97-119; P. K. Feyerabend, «Realism and instrumentalism», en *The critical approach to science and philosophy*, M. Bunge, comp., Nueva York, Free Press, 1964, pp. 280-308; y J. J. C. Smart, *Between science and philosophy*, Nueva York, Random House, 1968. El artículo formal de Tarski sobre la verdad es «The concept of truth in formalised languages», reeditado en *Logic, semantics and metamathematics*, Londres, Oxford University Press, 1956, pp. 152-278. Un resumen menos formal de sus resultados es «The semantic conception of truth and the foundations of semantics», *Philosophy and Phenomenological Research*, 4, 1944, pp. 341-376, y un informe informal es su «Truth and proof», *Scientific American*, junio de 1969. La teoría de la verosimilitud de Popper puede encontrarse sobre todo en «Truth, rationality and the growth of knowledge», en *Conjectures and refutations*, capítulo 10, y en «Two faces of common sense» y «Philosophical comments on Tarski's theory of truth», en *Objective knowledge*, capítulos 2 y 9, respectivamente. Para un análisis de ciertos aspectos técnicos de la verosimilitud por varios autores, véase *British Journal for the Philosophy of Science*, 25, 1974, pp. 155-188.

⁹ K. R. Popper, *Objective knowledge*, p. 40.

14. REALISMO NO REPRESENTATIVO

I. LA RELACION ENTRE LAS TEORIAS Y SUS SUCESORAS

En el capítulo anterior critiqué las concepciones instrumentalistas de la física y también aquellas concepciones realistas que conllevarían una teoría de la verdad como correspondencia. Ahora me toca a mí sugerir una alternativa viable. Como preliminar a esta tarea, en esta sección diré algo más acerca de la relación entre las teorías suplantadas y las que las reemplazan como consecuencia de un cambio revolucionario. Será conveniente centrar la atención una vez más en la relación entre la teoría de Newton y la de Einstein, que es el ejemplo favorito de Kuhn y Feyerabend para ilustrar lo que ellos llaman inconmensurabilidad.

Como he subrayado anteriormente, la descripción del mundo implícita en la teoría de Newton es muy diferente de la implícita en la teoría de Einstein. A la luz de la teoría de Einstein, la de Newton no corresponde a los hechos. Así pues, ¿qué explicación ha de dar el realista de la relación entre la teoría de Newton y el mundo y cómo ha de explicar el hecho de que tuviera tanto éxito como tuvo? En el capítulo anterior encontré una serie de razones por las que la concepción instrumentalista no vale. Me gustaría subrayar la importancia del argumento de Bhaskar a este respecto. Dado que los doscientos años largos de desarrollo de la física newtoniana implicaron de forma esencial una experimentación, no es posible hacer inteligible esta física y su éxito parcial definiéndola como un intento de establecer correlaciones entre hechos, observables o no¹. Por con-

¹ En la medida en que el instrumentalismo conlleva el supuesto de que la física ha de ser entendida como una ciencia que hace

siguiente, no es aceptable para un realista explicar la relación entre la teoría de Newton y el mundo diciendo que, si la teoría de Einstein corresponde a los hechos, habrá una serie de observaciones conformes con la teoría de Newton interpretadas instrumentalmente. Esto no hace justicia a la teoría de Newton ni hace inteligibles esos doscientos años de trabajo experimental en ella.

Un razonamiento relacionado con éste apunta en un sentido similar. Reconociendo que el marco conceptual de la teoría de Einstein es lo suficientemente diferente del de la teoría de Newton como para impedir que haya entre ellos relaciones estrictamente lógicas, es, sin embargo, posible argumentar que, si la teoría de Einstein es aplicable al mundo, la teoría de Newton lo es también aproximadamente en circunstancias muy diversas. Por ejemplo, se puede demostrar, dentro de la teoría de Einstein, que si la velocidad de un sistema con respecto a un conjunto de marcos de referencia es pequeña, entonces el valor de la masa del sistema será aproximadamente el mismo, cualquiera que sea el marco de referencia en el conjunto evaluado con referencia a aquél. Por consiguiente, dentro de este conjunto de marcos de referencia no nos equivocaremos mucho si tratamos la masa como una propiedad y no como una relación. De forma similar, en las mismas condiciones se puede demostrar, dentro de la teoría de Einstein, que si tratamos la masa como una propiedad entonces, dentro de un marco determinado de referencia perteneciente al conjunto, la suma del producto de la masa y la velocidad para cada parte del sistema permanecerá constante con un alto grado de aproximación. Esto es, desde el punto de vista de la teoría de Einstein podemos demostrar que la ley newtoniana de la conservación del impulso será aproximadamente válida siempre que las velocidades no sean demasiado grandes¹.

afirmaciones acerca de las relaciones entre acontecimientos observables, es un caso especial de la postura aquí rechazada.

¹ El hecho de que las dos teorías sean lógicamente inconmensurables, y el hecho de que los significados de términos como masa sean diferentes en las dos teorías, no plantea un problema especial

Realismo no representativo

Una vez más, nos vemos obligados a sacar la conclusión de que la teoría de Newton no puede ser debidamente descrita en términos instrumentalistas. Por otra parte, tampoco puede ser concebida en términos típicamente realistas, dado que, desde el punto de vista de la teoría de Einstein, no corresponde a los hechos¹.

II. REALISMO NO REPRESENTATIVO

El mundo físico está constituido de tal forma que la teoría de Newton es aproximadamente aplicable a él en circunstancias muy diversas. A la luz de la teoría de Einstein se puede entender hasta qué punto esto es así. La validez aproximada de la teoría de Newton ha de ser comprobada en condiciones experimentales, aun cuando, si el mundo está constituido de tal forma que la teoría de Newton es aplicable a él, continuará estándolo independientemente de las situaciones experimentales. La teoría de Newton no puede ser concebida como una teoría que corresponde a los hechos, pero su aplicabilidad al mundo debe ser entendida en un sentido más lato del que le da el instrumentalismo. Creo que un realista que suscriba la teoría de la verdad como correspondencia debe aceptar todos estos comentarios sobre el estatus de la teoría de Newton. Dada ésta, y dadas las dificultades asociadas a la teoría de la verdad

para el tipo de comparación entre teorías que he esbozado. El hecho de que haya una serie de situaciones a las cuales se pretende que son aplicables ambas teorías (como el sistema solar o el movimiento de las partículas con carga en un tubo de descarga) está garantizado por la forma en que la teoría de Einstein surgió como respuesta a los problemas de la teoría newtoniana conjuntamente con la electrodinámica clásica. Establecer la interpretación de las teorías y las formas en que pueden ser comparadas es un problema práctico e histórico y no un problema puramente lógico.

¹ Este punto relativo a la falta de correspondencia puede ser puesto de relieve mediante otros ejemplos. Desde el punto de vista de la física moderna, no hay nada en el mundo que corresponda a las partículas de luz newtonianas, ni tampoco un electrón que posea una individualidad, un tamaño y una forma bien definidos, y una localización o trayectoria.

como correspondencia que analizamos en la sección anterior, el camino que lleva a mi propia postura es bastante recto. Implica tratar a todas las teorías físicas del mismo modo que el análisis anterior nos ha conducido a tratar la teoría de Newton.

Desde el punto de vista que deseo defender, el mundo físico está constituido de tal forma que nuestras teorías físicas actuales son aplicables a él en algún grado y, en general, en un grado que excede en muchos aspectos al de sus predecesores⁴. La finalidad de la física será establecer los límites de la aplicabilidad de las teorías actuales y desarrollar teorías que sean aplicables al mundo con un mayor grado de aproximación en las circunstancias más diversas. Llamaré a este punto de vista *realismo no representativo*.

El realismo no representativo es *realista* en dos sentidos. En primer lugar, parte del supuesto de que el mundo físico es como es independientemente de nuestros conocimientos sobre él. El mundo es como es sea lo que fuere lo que los individuos o grupos de individuos piensen sobre el asunto. En segundo lugar, es *realista* porque parte del supuesto de que, en la medida en que las teorías son aplicables al mundo, lo son siempre, dentro y fuera de las situaciones experimentales. Las teorías físicas hacen algo más que establecer correlaciones entre conjuntos de enunciados observacionales. El realismo no representativo *no es representativo* en la medida en que no conlleva una teoría de la verdad como correspondencia. El realista no representativo no supone que las teorías describan entidades del mundo, tales como ondas, funciones o campos, en la forma en que nuestras ideas propias del sentido común entienden o nuestro lenguaje describe las mesas y los gatos. Podemos juzgar nuestras teorías desde un punto de vista como el grado en que abordan con éxito algún aspecto del mundo, pero no po-

⁴ No pretendo afirmar que una teoría deba demostrar ser superior a su predecesora en *todos* los aspectos. Es posible, por ejemplo, que no todos los éxitos de la teoría de Newton puedan ser alcanzados por la mecánica cuántica. Admitir esto no plantea especiales problemas a mi postura, aunque podría plantearlos a quienes ven la verdad como la finalidad de la ciencia.

demos juzgarlas desde un punto de vista como el grado en que describen el mundo tal como realmente es, simplemente porque no tenemos acceso al mundo independientemente de nuestras teorías de una forma que nos permita valorar la exactitud de tales descripciones. Esto choca con nuestras nociones propias del sentido común, según las cuales cuando se habla de gatos y mesas se incluye lo que se considera como descripciones de tales cosas. Sin embargo, me gustaría recordar a estos defensores de la aplicabilidad a la física de la teoría de la verdad como correspondencia que también ellos están obligados a hacer inteligible lo que decía Newton acerca de las partículas de luz y acerca de la masa concebida como una propiedad, lo que decía Maxwell acerca del éter y lo que decía Schrodinger acerca de las funciones de ondas.

Dado que implica el rechazo de la verdad como correspondencia con los hechos, el realismo no representativo evita las dificultades con que tropiezan las posturas realistas típicas. El hecho de que una serie de teorías en física, tales como las sucesivas teorías acerca de la luz, no puedan ser concebidas como *descripciones* cada vez más precisas de la realidad no plantea ningún problema. Tampoco lo plantea el hecho de que haya formulaciones muy diferentes y posiblemente equivalentes de la misma teoría que impliquen «cuadros» muy diferentes de la realidad. El realismo no representativo es también más compatible que las tesis realistas habituales con el hecho de que nuestras teorías son productos sociales sujetos a un cambio radical. Nuestras teorías son un tipo especial de producto social, aunque no esté socialmente determinado el grado en que son capaces de abordar el mundo físico, que no es un producto social.

El realismo no representativo no es vulnerable a las objeciones habituales que se hacen al instrumentalismo. No implica un uso cuestionable de la distinción entre términos teóricos y términos observacionales. De hecho, en la medida en que el realismo no representativo considera como parte integrante de él el papel del experimento, tiene un sentido en el que las pruebas empíricas que sirven de base

a las teorías dependen de ésta³. Las nuevas predicciones acertadas, que plantean un problema al instrumentalismo, son explicables desde el punto de vista del realismo no representativo. Si el mundo está constituido de tal forma que nuestras teorías físicas son aplicables a él, entonces haremos nuevos descubrimientos cuando investiguemos su aplicabilidad a nuevos dominios⁴. Otro argumento a menudo aducido contra el instrumentalismo es que la actitud de éste hacia la física es conservadora e impide el progreso. Descarta toda especulación potencialmente productiva acerca de entidades teóricas. El realismo no representativo no puede ser objeto de este tipo de críticas. Según él, es necesario determinar el campo de aplicabilidad de las teorías sometiéndolas a toda una serie de pruebas. Y, lo que es más, reconoce que como mejor se puede averiguar el campo de aplicabilidad de una teoría es a la luz de una teoría posterior que la explique a un nivel más profundo. A este respecto, es más susceptible de conducir a un constante desarrollo que un punto de vista que considera que la finalidad de la física es una cosa llamada verdad. Desde el punto de vista del realista no representativo, el desarrollo de la física no tiene fin. Por grande que sea el campo de nuestras teorías, y por profundamente que exploren la estructura del mundo, siempre quedará la posibilidad de desarrollarlas a un nivel más profundo, o en frentes nuevos o más amplios.

III. ¿QUE ES ESA COSA LLAMADA CIENCIA?

Mi descripción del realismo no representativo en términos de la aplicabilidad de las teorías al mundo, o de su capa-

³ Véase a este respecto la sección IV del capítulo 3.

⁴ Una vez más, vale la pena señalar que los defensores del realismo que recurren a la teoría de la verdad como correspondencia deben explicar cómo es que teorías suplantadas, como la de Newton, pudieron hacer predicciones acertadas aun cuando, estrictamente hablando, no correspondieran a los hechos. Sospecho que, al hacerlo, se verán obligados a adoptar una concepción similar a aquella por la que he abogado para todas las teorías físicas.

Realismo no representativo

idad de abordar el mundo, podría muy bien ser cuestionada sobre la base de que es demasiado vaga. Mi respuesta a esta acusación es, por una parte, admitir que mi explicación es vaga, pero, por otra, insistir en que esto no es un punto débil, sino un punto fuerte de mi postura. La forma en que somos capaces de teorizar acerca del mundo es algo que tenemos que descubrir y no algo que podamos establecer de antemano mediante un argumento filosófico. Galileo descubrió que es posible abordar algunos aspectos del mundo físico mediante una teoría matemática del movimiento. Las teorías de Newton diferían de las de Galileo en aspectos importantes, mientras que la mecánica cuántica aborda el mundo en una forma fundamentalmente diferente a la física clásica, y ¿quién sabe lo que reserva el futuro? Ciertamente no los filósofos de la ciencia. Cualquier explicación de la relación entre teorías de la física y el mundo del que estas teorías pretenden tratar debería estar planteada de tal forma que no descartara un futuro desarrollo. Por consiguiente, es esencial un cierto grado de vaguedad.

Mi explicación de la relación entre las teorías de la física y el mundo se inspira en dos rasgos muy generales de la física desde Galileo. Uno es que la física implica experimentación, lo que me sirve de base para rechazar el instrumentalismo. El otro es el hecho de que la física ha experimentado cambios revolucionarios, factor que constituye parte del fundamento de mi crítica a la aplicación de la teoría de la verdad como correspondencia a la física. Ciertamente se pueden añadir más detalles si se quiere describir con más precisión estos doscientos años de física. Podemos decir que la física implica generalizaciones universales formuladas en términos matemáticos, que los sistemas de teorías forman algo así como los programas de investigación lakatosianos y que su desarrollo se ha producido de conformidad con la concepción objetivista del cambio presentada en el capítulo 11. De esta forma podemos dar una respuesta a la pregunta: «¿Qué es esa cosa llamada física?». Sin embargo, no podemos estar seguros de que la física no sufrirá cambios drásticos en el futuro. Ya se ha señalado que la mecánica cuántica moderna difiere de

la física clásica en algunos aspectos fundamentales, y también se ha sugerido que el carácter de la física puede estar cambiando debido a los cambios sociales que acompañan al desarrollo del capitalismo monopolista.

Gran parte de la argumentación de este libro ha consistido en formular concepciones acerca del tipo de cosa que llamamos física y demostrarlas confrontándolas con la física actual. A raíz de esto, creo que la cuestión que da título a este libro es engañosa y presuntuosa. Presupone que hay una sola categoría de «ciencia» e implica que diversas áreas del conocimiento, como la física, la biología, la historia, la sociología, etc., entran o no dentro de esta categoría. No sé cómo se puede establecer o defender una descripción tan general de la ciencia. Los filósofos no tienen recursos que les permitan fijar los criterios que deben ser satisfechos para que un área del conocimiento sea considerada aceptable o «científica». Toda área del conocimiento puede ser analizada por lo que es. Es decir, podemos investigar cuáles son sus fines, los cuales pueden ser diferentes de los que comúnmente se piensa que son o de cómo comúnmente son presentados, y podemos investigar los medios utilizados para cumplir dichos fines y el grado de éxito logrado. De esto no se desprende que no se pueda criticar ningún área del conocimiento. Podemos intentar criticar cualquier área del conocimiento criticando sus fines, criticando la adecuación de los métodos utilizados para alcanzar esos fines, confrontándola con un medio alternativo y superior de alcanzar esos mismos fines, etc. Desde este punto de vista, no necesitamos una categoría de «ciencia» con respecto a la cual un área del conocimiento pueda ser aclamada como ciencia o denigrada como no ciencia.

IV. EL RELATIVISMO EN PERSPECTIVA

Algunas de mis observaciones de la sección anterior tienen un tinte relativista. En esta sección examinaré aquellos aspectos en los que mi postura tiene un carácter relativista y aquellos aspectos en que no lo tiene.

Si hablamos de las formas en que las teorías pueden ser valoradas o juzgadas, entonces mi postura es relativista en el sentido de que niego que haya un criterio absoluto con respecto al cual se puedan emitir esos juicios. En particular, no hay una categoría general de «ciencia», ni tampoco un concepto de verdad que esté a la altura del proyecto de describir a la ciencia como una búsqueda de la verdad. Toda área del conocimiento ha de ser juzgada por sus propios méritos, investigando sus fines y el grado en que es capaz de cumplirlos. Además, los juicios sobre los fines estarán a su vez relacionados con la situación social. Los juicios sobre los fines de una rama abstrusa de la lógica matemática o la filosofía analítica, en términos del placer estético que ofrece a los participantes, pueden tener una importancia considerable para una clase privilegiada de una sociedad opulenta, pero poca para una clase oprimida de un país del Tercer Mundo. Los fines del control tecnológico sobre la naturaleza son de gran importancia en una sociedad en la que unos problemas sociales muy urgentes requieren un incremento del control tecnológico, pero serán de menor importancia en nuestra sociedad, en la que al parecer los problemas sociales más urgentes no se verían aliviados sino exacerbados por nuevos avances en el control tecnológico.

Esta referencia a los juicios sobre el estatus de las áreas del conocimiento pierde significado a la luz de los aspectos no relativistas de mi postura. El lado objetivista de mi postura hace hincapié en que en la sociedad los individuos se enfrentan a una situación social que tiene ciertos rasgos, les guste o no o sean o no conscientes de ella, y tienen a su disposición una serie de medios para cambiar la situación, les guste o no. Además, cualquier acción que se emprenda para cambiar la situación tendrá consecuencias que dependerán del carácter objetivo de la situación y podrán diferir notablemente de las intenciones del actor. De forma similar, en el campo del conocimiento, los individuos se enfrentan a una situación objetiva y a una serie de métodos y materiales teóricos que están a su disposición para contribuir a cambiar la situación. Una teoría puede, por supues-

to, alcanzar ciertos fines mejor que otra, y los juicios de los individuos y grupos acerca del asunto pueden estar equivocados.

Desde este punto de vista, los juicios emitidos por los individuos acerca del carácter y los méritos de las teorías son menos significativos de lo que frecuentemente se supone. Mi concepción objetivista del cambio de teoría estaba destinada a mostrar cómo se puede explicar el desarrollo de doscientos años de física de una forma que no dependa crucialmente de los juicios metodológicos de los individuos o grupos. Los fines no tienen por qué ser analizados, en términos de las aspiraciones de los individuos o grupos. Tomemos, por ejemplo, el fin de incrementar el control tecnológico sobre la naturaleza. Este fin tiene un mayor significado en las sociedades capitalistas que en las sociedades feudales a las que aquéllas reemplazaron. Dentro de una economía capitalista, el incremento del control tecnológico es una necesidad, en la medida en que los capitalistas que no lo consiguen son arrojados del mercado por los que sí lo consiguen, y por consiguiente quiebran. La situación no era la misma en la sociedad feudal. Las comunidades formadas en torno a los señoríos no se veían obligadas por la naturaleza del sistema económico a competir de esta forma. Una comunidad feudal que no consiguiera igualar los avances tecnológicos de sus vecinas no quebraría, sino que simplemente tendría un nivel de vida más bajo. Cuando hablamos de los fines no nos referimos a los juicios o valores de los individuos afectados.

Con todo esto no se pretende sugerir que los juicios de los individuos carezcan de importancia, ya sea en el campo del cambio teórico o en el del cambio social. En cualquiera de los dos casos, todo cambio que se produzca se producirá únicamente como resultado de las acciones de los individuos o grupos de individuos, y las acciones que los individuos emprenderán estarán claramente influenciadas por sus juicios sobre la situación a la que se enfrentan y por su interpretación de los fines. Sin embargo, lo que he dicho sí sugiere que el cambio teórico o el cambio social no debe-

rían ser entendidos exclusivamente, o incluso primordialmente, como el resultado de los juicios humanos.

Considerando que las teorías de la física en una determinada fase de su desarrollo son como son, y que el mundo físico es como es, esas teorías son capaces de abordar el mundo con un cierto éxito, juzguen correctamente o no la situación los individuos o grupos. El hecho de que la física haya existido y sobrevivido en la sociedad occidental y haya progresado, al menos hasta hace poco, en la forma descrita por mi concepción objetivista del cambio de teoría, ha de ser explicado en términos de la relación entre la naturaleza objetiva de la física y la naturaleza objetiva de la sociedad occidental. La descripción de la sociedad occidental incluirá una explicación de cómo las personas que viven en esta sociedad se ven a sí mismas y ven a la sociedad, y, más específicamente, incluirá una descripción de las actitudes típicas hacia la física. Pero la consideración de las actitudes típicas hacia la física no será el único factor que explique la supervivencia y el desarrollo de la sociedad, del mismo modo que estas actitudes no pueden ser consideradas como primitivas y no explicables por referencia a alguna causa social subyacente.

El lado objetivista de mis observaciones se opone a las versiones radicales del relativismo, según las cuales una teoría es tan buena como cualquier otra, que todo es cuestión de gustos o de deseos subjetivos, como ha sugerido Feyerabend en momentos de descuido. Desde un punto de vista realista, interpretado en un sentido lato, el motivo de las teorías es intentar abordar algún aspecto del mundo. Esto contrasta con el punto de vista que parece estar implícito en algunas concepciones relativistas: que el motivo de desarrollar una teoría es convencer a los demás de que la nuestra es la correcta.

V. ¿POR QUE MOLESTARSE?

En esta sección final del libro es conveniente afrontar la cuestión de cuál es su motivo. ¿Por qué molestarse en rea-

lizar investigaciones como las que se pueden encontrar en las páginas anteriores? La importancia de la cuestión se pone de manifiesto cuando se admite, como yo he hecho, que la filosofía o la metodología de la ciencia no son de ninguna ayuda para los científicos.

Retrospectivamente, sugiero que la función más importante de mi investigación es combatir lo que podríamos llamar la *ideología de la ciencia* tal como funciona en nuestra sociedad. Esta ideología implica el uso del dudoso concepto de ciencia y el igualmente dudoso concepto de verdad que a menudo va asociado con él, normalmente en defensa de posturas conservadoras. Por ejemplo, veamos cómo se defiende en nombre de la ciencia el tipo de psicología conductista que fomenta el trato de las personas como máquinas y el uso extensivo de los resultados de los estudios sobre CI en nuestro sistema educativo. Conjuntos de conocimientos como éstos son defendidos a partir de la afirmación o el supuesto de que han sido adquiridos por medio de un «método científico» y, por consiguiente, deben tener algún mérito. No es sólo la derecha la que usa las categorías de ciencia y método científico de esta forma. Es frecuente ver a marxistas usarlas para defender la afirmación de que el materialismo histórico es una ciencia. Las categorías generales de ciencia y método científico son utilizadas también para descartar o suprimir áreas de estudio. Por ejemplo, Popper arremete contra el marxismo y la psicología adleriana sobre la base de que no se ajustan a su metodología falsacionista, mientras que Lakatos apela a su metodología de los programas de investigación científica para arremeter contra el marxismo, la sociología contemporánea y otra contaminación intelectual.

Como estará claro a estas alturas, mi punto de vista es que no hay una concepción intemporal y universal de la ciencia o del método científico que pueda servir a los fines ejemplificados en el párrafo anterior. No tenemos recursos para llegar a tales nociones y defenderlas. No es lícito defender o rechazar áreas de conocimiento porque no se ajustan a algún criterio prefabricado de cientificidad. El progreso es algo más complejo que esto. Si, por ejemplo, que-

remos tomar una postura sobre alguna versión del marxismo con conocimiento de causa, debemos investigar cuáles son sus fines, qué métodos emplea para conseguir estos fines, en qué medida se han alcanzado estos fines y qué fuerzas o factores determinan su desarrollo. Entonces estaríamos en condiciones de valorar la versión del marxismo en términos de la deseabilidad de lo que pretende, la medida en que sus métodos permiten alcanzar sus fines y los intereses a los que sirve.

Aunque uno de los objetivos de mi libro es impedir los usos ilícitos de las categorías de ciencia y método científico, espero también que contribuya a contrarrestar las reacciones individualistas o relativistas radicales contra la ideología de la ciencia. No se trata de que un punto de vista sea tan bueno como cualquier otro. Si se quiere cambiar una situación de una forma controlada, ya implique la situación el estado de desarrollo de una rama del conocimiento o el estado de desarrollo de un aspecto de la sociedad, como mejor se logrará esto será comprendiendo la situación y dominando los medios disponibles para cambiarla. Esto normalmente implicará una cooperación. La política de «todo vale», interpretada en un sentido más general del que Feyerabend probablemente pretendía darle, ha de ser rechazada por su impotencia. Para citar una vez más a John Krige, «*todo vale...* significa que, en la práctica, *todo sigue igual*».

- Althusser, Louis, *For Marx*, Harmondsworth, Allen Lane, 1969 [*La revolución teórica de Marx*, México, Siglo XXI, 15.ª ed. 1976].
- *Reading Capital*, Londres, New Left Books, 1970 [*Para leer «El capital»*, México, Siglo XXI, 1969].
- Amsterdamski, S., *Between science and metaphysics*, Dordrecht, Reidel Publ. Co., 1975.
- Anthony, H. D., *Science and its background*, Londres, Macmillan, 1948.
- Armstrong, D. M., *Belief, truth and knowledge*, Cambridge, Cambridge University Press, 1973.
- Ayer, A. J., *Language, truth and logic*, Londres, Gollancz, 1936 [*Lenguaje, verdad y lógica*, Barcelona, Martínez Roca, 1971].
- *The foundations of empirical knowledge*, Londres, Macmillan, 1955.
- Comp., *Logical positivism*, Glencoe, Free Press, 1959 [*El positivismo lógico*, México, Fondo de Cultura Económica, 1965].
- Bachelard, Gaston, *Le nouvel esprit scientifique*, París, Presses Universitaires de France, 1934.
- Barker, E., *Social contract. Essays by Locke, Hume and Rousseau*, Londres, Oxford University Press, 1976.
- Bhaskar, Roy, *A realist theory of science*, Brighton (Sussex), Harvester, 1975.
- Bloor, D., «Two paradigms of scientific knowledge?», *Science Studies*, 1, 1971, pp. 101-15.
- «Popper's mystification of objective knowledge», *Science Studies*, 4, 1974, pp. 65-76.
- *Science and social imagery*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1976.
- British Journal for the Philosophy of Science*, 25, 1974, pp. 155-88; contiene un análisis de algunos aspectos técnicos de la verosimilitud realizado por varios autores.
- Brown, Harold I., *Perception, theory and commitment: the new philosophy of science*, Chicago, University of Chicago Press, 1976.
- Carnap, Rudolph, *Logical foundations of probability*, Chicago, University of Chicago Press, 1962.

Bibliografía

- Clavelin, Maurice, *The natural philosophy of Galileo*, Cambridge (Massachusetts), M. I. T. Press, 1974.
- Cohen, R. S., Feyerabend, P. K., y Wartofsky, M. W., comps., *Essays in memory of Imre Lakatos*, Dordrecht, Reidel Publ. Co., 1976.
- Currie, Gregory, «The role of normative assumptions in historical explanation», *Philosophy of Science*, 47, 1980, pp. 456-73.
- Curthoys, J., y Suchting, W., «Feyerabend's discourse against method», *Inquiry*, 20, 1977, pp. 243-397.
- Chalmers, A. F., «Maxwell's methodology and his application of it to electromagnetism», *Studies in History and Philosophy of Science*, 4, 1973, pp. 107-64.
- «On learning from our mistakes», *British Journal for the Philosophy of Science*, 24, 1973, pp. 164-73.
- «The limitations of Maxwell's electromagnetic theory», *Isis*, 64, 1973, pp. 469-83.
- «Towards an objectivist account of theory change», *British Journal for the Philosophy of Science*, 30, 1979, pp. 227-33.
- «An improvement and a critique of Lakatos's methodology of scientific research programmes», *Methodology and Science*, 13, 1980, pp. 2-27.
- Davies, J. J., *On the scientific method*, Londres, Longman, 1968.
- Dixon, Bernard, *What is science for?*, Londres, Collins, 1973.
- Drake, Stillman, *Galileo studies*, Ann Arbor, University of Michigan Press, 1970.
- Droscher, Vitus B., *The magic of the senses*, Nueva York, Harper and Row, 1971.
- Duhem, P., *The aim and structure of physical theory*, Nueva York, Atheneum, 1962.
- Feyerabend, P. K., «Explanation, reduction and empiricism», en *Scientific explanation, space and time, Minnesota studies in the philosophy of science*, vol. 3. H. Feigl y G. Maxwell, compiladores, Minneapolis, University of Minnesota Press, 1962, pp. 28-97.
- «Realism and instrumentalism», en *The critical approach to science and philosophy*, M. Bunge, comp., Nueva York, Free Press, 1964.
- «Problems of empiricism», en *Beyond the edge of certainty*, R. Colodny, comp., Englewood Cliffs (N. J.), Prentice Hall, 1965, pp. 145-260.
- «Philosophy of science: a subject with a great past», *Historical and philosophical perspectives of science, Minnesota*

- studies in philosophy of science*, vol. 5, Roger R. Stuewer, compilador, Minneapolis, University of Minnesota Press, 1970 [«Filosofía de la ciencia: una disciplina con un gran pasado»].
- «Consolations for the specialist», en *Criticism and the growth of knowledge*, Lakatos y Musgrave, comps., pp. 195-230 [«Consuelos para el especialista», en *La crítica y el desarrollo del conocimiento*, Barcelona, Grijalbo, 1975].
 - *Against method: outline of an anarchistic theory of knowledge*, Londres, New Left Books, 1975 [Contra el método, traducción de la primera versión aparecida en los *Minnesota studies in the philosophy of science*, vol. IV, 1970, Barcelona, Ariel, 1974; posteriormente han aparecido al menos dos versiones más. También *Tratado contra el método*, Tecnos, 1981].
 - «How to defend society against science», *Radical Philosophy*, 11, 1975, pp. 3-8.
 - «On the critique of scientific reason», en Howson, C., comp., *Method and appraisal in the physical sciences*, Cambridge, Cambridge University Press, 1976, pp. 309-39.
 - «Changing patterns of reconstruction», *British Journal for the Philosophy of Science*, 28, 1977, pp. 351-82.
 - *Science in a free society*, Londres, New Left Books, 1978 [La ciencia en una sociedad libre, Madrid, Siglo XXI, 1982].
 - Galilei, Galileo, *Two new sciences*, trad. de Stillman Drake, Madison, University of Wisconsin Press, 1974 [Traducción castellana por J. Sádaba, revisada y con introducción de C. Solís, *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*, Madrid, Editora Nacional, 1976].
 - Goethe, J. W., *Theory of colours*, trad. de C. L. Eastlake, Cambridge (Mass.), M. I. T. Press, 1970 [Obras completas, Madrid, Aguilar, 1973, 3 vols.].
 - Gombrich, Ernst, *Art and illusion*, Nueva York, Pantheon, 1960 [Arte e ilusión, Barcelona, G. Gili, 1979].
 - Gregory, R. L., *Eye and brain*, Londres, Weidenfeld and Nicholson, 1972 [Ojo y cerebro, Madrid, Guadarrama, 1966].
 - Hanson, N. R., *Patterns of discovery*, Cambridge, Cambridge University Press, 1958 [Patrones de descubrimiento. Observación y explicación, Madrid, Alianza, 1977].
 - Hempel, Carl G., *Philosophy of natural science*, Englewood Cliffs (N. J.), Prentice Hall, 1966 [La filosofía de la ciencia natural, Madrid, Alianza, 1973].
 - Hessen, Boris, «The social and economic roots of Newton's

- Principia*», en *Science at the crossroads*, N. I. Bujarin et al., comps., Londres, Cass, 1971, pp. 149-212.
- Hume, D., *Treatise on human nature*, Londres, Dent, 1939 [Tratado de la naturaleza humana, Madrid, Editora Nacional, 1977].
- Howson, C., comp., *Method and appraisal in the physical sciences*, Cambridge, Cambridge University Press, 1976.
- Jacob, François, *The logic of life: a history of heredity*, Nueva York, Vintage Books, 1976 [La lógica de lo viviente, Barcelona, Laia, 1977].
- Koertge, Noretta, «Inter-theoretic criticism and the growth of science», en *Boston studies in the philosophy of science*, volumen 8, R. C. Buck y R. S. Cohen, comps., Dordrecht, Reidel Publ. Co., 1971.
- «Theory change in science», en *Conceptual change*, G. Pearce y P. Maynard, comps., Dordrecht, Reidel Publ. Co., 1973.
- Kordig, Carl R., *The justification of scientific change*, Dordrecht, Reidel Publ. Co., 1971.
- Koyré, A., *Metaphysics and measurement*, Londres, Chapman and Hall, 1968.
- Krige, John, *Science, revolution and discontinuity*, Brighton (Sussex), Harvester, 1980.
- Kuhn, T. S., *The Copernican revolution*, Nueva York, Random House, 1959 [La revolución copernicana, trad. de Domènec Bergadà, Barcelona, Ariel, 1978].
- «The function of measurement in modern physical sciences», *Isis*, 52, 1961, pp. 161-93.
- «Comment [on the relation between science and art]», *Comparative Studies in Society and History*, 11, 1969, pp. 403-12.
- «Seconds thoughts on paradigms», en *The structure of scientific theories*, F. Suppe, comp., Urbana, University of Illinois Press, 1973, pp. 459-82 [De este artículo existen dos traducciones en castellano: la primera de ellas, en versión de Diego Ribes; apareció bajo el título *Segundos pensamientos sobre paradigmas*, Madrid, Tecnos, 1978; la segunda se encuentra en el volumen *La estructura de las teorías científicas*, F. Suppe, comp., en una excelente versión de Pilar Castrillo y Eloy Rada, titulada «Segundas reflexiones acerca de los paradigmas», Madrid, Editora Nacional, 1979].
- «Logic of discovery or psychology of research?», en *Criticism and the growth of knowledge*, Lakatos y Musgrave, comps., pp. 1-23 [«Lógica del descubrimiento o psicología de la investigación?», en Lakatos y Musgrave, comps., *La crítica y*

- el desarrollo del conocimiento, Barcelona, Grijalbo, 1975].
- «Reflections on my critics», en Lakatos & Musgrave, comps., *Criticism and the growth of knowledge*, pp. 231-78 [«Reflexiones sobre mis críticos», en Lakatos y Musgrave, comps., *La crítica y el desarrollo del conocimiento*].
 - *The structure of scientific revolutions*, Chicago, University of Chicago Press, 1970 [*La estructura de las revoluciones científicas*, México, FCE, 1971].
 - *The essential tension: selected studies in scientific tradition and change*, Chicago, University of Chicago Press, 1977.
 - Lakatos, I., «Proofs and refutations», *British Journal for the Philosophy of Science*, 14, 1963-64, pp. 1-25, 120-39, 221-43, 296-342 [*Pruebas y refutaciones*, trad. de Carlos Solís, Madrid, Alianza, 1978].
 - «Changes in the problem of inductive logic», en *The problem of inductive logic*, I. Lakatos, comp., Amsterdam, North Holland Publ. Co., 1968, pp. 315-417, reeditado en J. Worrall y G. Currie, comps., *Imre Lakatos. Philosophical papers. Volume 1: The methodology of scientific research programmes*, Cambridge, Cambridge University Press, 1978, pp. 128-200.
 - «History of Science and its rational reconstructions», en *Boston studies in the philosophy of science*, vol. 8, R. C. Buck y R. S. Cohen, comps., Dordrecht, Reidel Publ. Co., 1971, pp. 91-136, reeditado en J. Worrall y G. Currie, comps., *Imre Lakatos. Philosophical papers. Volume 1: The methodology of scientific research programmes*, Cambridge, Cambridge University Press, 1978, pp. 102-38. [*Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*, trad. de Diego Ribes, Madrid, Tecnos, 1974].
 - «Replies to critics», en *Boston studies in the philosophy of science*, vol. 8, R. C. Buck y R. S. Cohen, comps., Dordrecht, Reidel Publ. Co., 1971, pp. 174-82.
 - «Falsification and the methodology of scientific research programmes», en *Criticism and the growth of knowledge*, I. Lakatos y A. Musgrave, comps., pp. 91-196 [«Falsación y la metodología de los programas de investigación científica», en Lakatos y Musgrave, comps., *La crítica y el desarrollo del conocimiento*].
 - «Popper on demarcation and induction», en *The philosophy of Karl R. Popper*, pp. 241-73, reeditado en J. Worrall y G. Currie, comps., *Imre Lakatos. Philosophical papers. Volume 1: The methodology of scientific research programmes*, Cambridge, Cambridge University Press, 1978, pp. 139-67.

- «Science and pseudoscience», en J. Worrall y G. Currie, comps., *Imre Lakatos. Philosophical papers. Volume 1: The methodology of scientific research programmes*, Cambridge, Cambridge University Press, 1978, pp. 1-7.
 - «Newton's effect on scientific standards», en J. Worrall y G. Currie, comps., *Imre Lakatos. Philosophical papers. Volume 1: The methodology of scientific research programmes*, Cambridge, Cambridge University Press, 1978, pp. 193-222.
 - y Musgrave, A., comps., *Criticism and the growth of knowledge*, Cambridge, Cambridge University Press, 1974 [*La crítica y el desarrollo del conocimiento científico*, Barcelona, Grijalbo, 1975].
 - y Zahar, E., «Why did Copernicus's programme supersede Ptolemy's?», en *The Copernican achievement*, R. Westman, compilador, Berkeley (Calif.), California University Press, 1975. [Se encuentra en preparación una traducción española de los dos volúmenes de artículos más importantes de Lakatos publicados póstumamente.]
- Lecourt, Dominique, *Marxism and epistemology*, Londres, New Left Books, 1975.
- Magee, Bryan, «Karl Popper: the world's greatest philosopher?», *Current Affairs Bulletin*, 50, núm. 8, 1974, pp. 14-23 [de este mismo autor se encuentra publicada en castellano una obra posterior: *Popper*, Barcelona, Grijalbo, 1974].
- Marx, Karl, «A contribution to the critique of political economy», en *Karl Marx: selected works*, 2 volúmenes, Moscú, Co-operative Publishing Society, 1935 [*Contribución a la crítica de la economía política*, México, Siglo XXI, 1980].
- Maxwell, J. C., «The kinetic theory of gases», *Nature*, 16, 1877, pp. 245-46.
- «Illustrations of the dynamical theory of gases», en *The scientific papers of James Clerk Maxwell*, 2 volúmenes, W. D. Niven, compilador, Nueva York, Dover, 1965, vol. 1, pp. 377-409.
 - «Atom», en *The scientific papers of James Clerk Maxwell*, 2 vols., W. D. Niven, comp., Nueva York, Dover, 1965, vol. 2, pp. 445-84.
- Medawar, P., *Induction and intuition in scientific thought*, Londres, Methuen, 1969.
- Mill, J. S., *A system of logic*, Londres, Longman, 1961.
- Mundle, C. W. K., *Perception: fact and theories*, Oxford, Oxford University Press, 1971.

- Musgrave, Alan E., «Logical versus historical theories of confirmation», *British Journal for the Philosophy of Science*, 25, 1974, pp. 1-23.
- «The objectivism of Popper's epistemology», en *The philosophy of Karl Popper*, Schilpp, comp., pp. 560-96.
- «Method or madness?», en R. S. Cohen, P. K. Feyerabend y M. W. Wartofsky, comps., *Essays in memory of Imre Lakatos*, Dordrecht, Reidel Publ. Co., 1976.
- Polanyi, M., *Knowing and being*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1969.
- *Personal knowledge*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1973.
- Popper, K. R., *The logic of scientific discovery*, Londres, Hutchinson, 1968 [*La lógica de la investigación científica*, trad. de Víctor Sánchez de Zavala, Madrid, Tecnos, 1967].
- *Conjectures and refutations*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1969 [*El desarrollo del conocimiento científico: conjeturas y refutaciones*, Buenos Aires, Paidós, 1967; la edición que cita A. F. Chalmers no es la primera].
- *Objective knowledge*, Oxford, Oxford University Press, 1972 [*Conocimiento objetivo*, Madrid, Tecnos, 1974].
- «Normal science and its dangers», en I. Lakatos y A. Musgrave, comps., *Criticism and the growth of knowledge*, Cambridge, Cambridge University Press, 1974, pp. 51-58.
- *The open society and its enemies*, vol. 2, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1980 [*La sociedad abierta y sus enemigos*, Barcelona, Paidós Ibérica, 1981].
- Post, H. R., «Correspondence, invariance and heuristics», *Studies in History and Philosophy of Science*, 2, 1971, pp. 213-55.
- Quine, W. V. O., «Two dogmas of empiricism», en *From a logical point of view*, Nueva York, Harper and Row, 1961, pp. 20-46 [«Dos dogmas del empirismo», en *Desde un punto de vista lógico*, trad. de Manuel Sacristán, Barcelona, Ariel, 1962].
- Radnitzky, G., y Anderson, G., comps., *Progress and rationality in science*, Dordrecht, Reidel Publ. Co., 1978.
- Ravetz, J. R., *Scientific knowledge and its social problems*, Oxford, Oxford University Press, 1971.
- Ronchi, V., «The influence of the early development of optics on science and philosophy», en *Galileo: man of science*, E. McMullin, comp., Nueva York, Basic Books, 1967, pp. 195-206.
- Rosen, E., *Three Copernican treatises*, Nueva York, Dover, 1959.
- Russell, B., *Problems of philosophy*, Oxford, Oxford University Press, 1912 [*Los problemas de la filosofía*, trad. de Joaquín

- Xirau y prólogo de Emilio Lledó, Barcelona, Labor, 1975].
- Russell, Denise, «Scepticism in recent epistemology», *Methodology and Science*, 14, 1981, pp. 139-54.
- Salmon, Wesley G., *The foundations of scientific inference*, Pittsburgh, Pittsburgh University Press, 1975.
- Scheffler, Israel, *Science and subjectivity*, Nueva York, Bobbs-Merrill, 1967.
- Schilpp, P. A., comp., *The philosophy of Rudolf Carnap*, La Salle (Illinois), Open Court, 1963.
- Comp., *The philosophy of Karl R. Popper*, La Salle (Illinois), Open Court, 1974.
- Sklair, Leslie, *Organised knowledge*, St. Albans, Paladin, 1973 [*El conocimiento organizado*, Barcelona, Labor, 1977].
- Smart, J. J. C., *Between science and philosophy*, Nueva York, Random House, 1968 [*Entre ciencia y filosofía*, trad. de Esperanza Guisan, Madrid, Tecnos, 1975].
- Stove, D. C., *Probability and Hume's inductive scepticism*, Oxford, Oxford University Press, 1973.
- Tarski, A., «The semantic conception of truth and the foundations of semantics», *Philosophy and Phenomenological Research*, 4, 1944, pp. 341-76.
- «The concept of truth in formalised languages», en *Logic, semantics and metamathematics*, Londres, Oxford University Press, 1956.
- «Truth and proof», *Scientific American*, 220, 6, 1969, pp. 63-77.
- Worrall, John, «Thomas Young and the "refutation" of Newtonian optics: a case-study in the interaction of philosophy of science and history of science», en *Method and appraisal in the physical sciences*, Colin Howson, comp., Cambridge, Cambridge University Press, 1976, pp. 107-79.
- y Currie, Gregory, comps., *Imre Lakatos. Philosophical papers. Volume 1: The methodology of scientific research programmes*, Cambridge, Cambridge University Press, 1978.
- *Imre Lakatos. Philosophical papers. Volume 2: Mathematics, science and epistemology*, Cambridge, Cambridge University Press, 1978.
- Zahar, E., «Why did Einstein programme supersede Lorentz's?», *British Journal for the Philosophy of Science*, 24, 1973, pp. 95-123, 223-62, reeditado en C. Howson, comp., *Method and appraisal in the physical sciences*, Cambridge, Cambridge University Press, 1976, pp. 211-75.
- Ziman, J., *Public knowledge*, Cambridge, Cambridge University Press, 1968 [*El conocimiento público*, México, FCE, 1972].

Adams, J. C., 79, 121
 Adler, A., 63
 Alhazén, 178
 Althusser, L., 172, 201, 237
 Amsterdamski, S., 87, 237
 Anderson, G., 157, 243
 Anthony, H. D., 12, 237
 Aristóteles, 11, 71, 72, 99, 136, 144, 189
 Armstrong, D. M., 160, 237
 Arquímedes, 178
 Ayer, A. J., 9, 24, 25, 237

Bachelard, D., 9, 237
 Bacon, F., 8, 11
 Barker, E., 200, 237
 Bergadá, D., 240
 Bhaskar, R., 214, 223, 237
 Black, J., 47
 Bloor, D., 126, 157, 172, 237
 Bohr, N., 97, 98, 119
 Brahe, T., 95, 107, 117
 Brown, H. I., 157, 237
 Buck, R. C., 125, 150, 170, 173, 240, 241
 Bujarin, N. I., 146, 240
 Hunge, M., 190, 221, 238

Carnap, R., 25, 237
 Castrillo, P., 240
 Cavendish, H., 119, 123
 Clavelin, M., 179, 238
 Cohen, R. S., 125, 150, 157, 170, 173, 183, 238, 240, 241, 243
 Colodny, R., 86, 238
 Copérnico, N., 51, 83, 90, 93, 99, 101-104, 106, 123, 134, 144, 146, 208
 Currie, G., 147-149, 151, 152, 170, 174, 238, 241, 242, 244
 Curthoys, J., 3, 202, 238

Chalmers, A. F., 80, 165, 238

Dalton, J., 136
 Darwin, C., 7, 46

Davies, J. J., 12, 238
 Demócrito, 144
 Descartes, R., 162
 Dixon, B., 172, 238
 Drake, S., 106, 176, 238, 239
 Droscher, V. B., 58, 238
 Duhem, P., 37, 108, 238
 Eastlake, C. L., 67, 239
 Eddington, A., 81
 Einstein, A., 7, 71-73, 81, 83, 135, 139, 140, 161, 166, 176, 184, 194, 220, 223-225

Faraday, M., 113, 123, 124, 164
 Feigl, H., 86, 238
 Feyerabend, P., 8, 52, 57, 86, 103, 109, 124, 146, 152, 155, 157, 183, 187-202, 220, 221, 223, 235, 238, 243
 Fitzgerald, G. F., 165
 Fourier, J., 168
 Fresnel, A. J., 84, 164

Galileo, 7, 11, 12, 35, 44, 72, 77, 78, 91, 103-107, 113, 119, 140, 146, 176, 178, 179, 197, 208, 209, 218, 229, 239
 Galle, J., 79, 85, 119
 Goethe, J. W., 67, 239
 Gombrich, E., 57, 239
 Gregory, R. L., 57, 239
 Guisan, E., 244

Hanson, N. R., 41, 42, 57, 239
 Hempel, C. G., 23, 239
 Hertz, H., 53, 54, 86, 124, 165, 166, 182, 207
 Hessen, B., 145, 146, 239
 Howson, C., 149, 152, 157, 169, 176, 185, 196, 239, 240, 244
 Hume, D., 29, 35, 36, 200, 240

Jacob, F., 180, 240

Kekulé, F., 207
 Kepler, J., 52, 55, 65, 91, 92, 104, 106, 107, 179

Koertge, N., 2, 87, 125, 240
 Kordig, C. R., 57, 240
 Koyré, A., 108, 216, 240
 Krige, J., 202, 235, 240
 Kunn, T., 6, 10, 48, 57, 108, 109, 126-143, 145-147, 152-157, 175, 191, 216, 220, 223, 240

Lakatos, I., 2, 10, 37, 86, 95-97, 108, 109, 114-130, 142, 143, 146-152, 154-157, 169, 170, 173-175, 178, 183, 185, 188, 195, 196, 234, 239-243
 Larmor, J., 165
 Lavoisier, A., 78, 135
 Lecourt, D., 172, 242
 Leverrier, U. J., 79, 121
 Locke, J., 162, 200
 Lodge, O., 165
 Lorentz, H. A., 124, 165, 166, 176, 184, 194, 195, 203

Lledó, E., 244

Magee, B., 9, 242
 Marx, K., 2, 116, 169-171, 242
 Maxwell, G., 86, 238
 Maxwell, J. C., 53, 56, 82, 83, 86, 98, 114, 130, 134, 135, 164-166, 181, 182, 203, 207, 242
 Maynard, P., 87, 240
 McMullin, E., 179, 243
 Medawar, P., 73, 242
 Mill, J. S., 24, 198, 200, 242
 Mundle, C. W. K., 25, 242
 Musgrave, A., 87, 96, 108, 109, 115, 124-126, 142, 143, 147, 148, 152, 154, 155, 157, 169, 171, 173, 174, 182, 183, 239-243

Nabokov, V., 3
 Newton, I., 7, 11, 35, 55, 65, 70-72, 79, 80, 85, 86, 95-97, 107, 108, 112, 114, 116, 118, 120, 121, 130-132, 136, 140, 149, 159, 160, 164-166, 173, 174, 176, 182, 183, 216, 218-220, 223-229
 Niven, W. D., 98, 181, 242

Osiander, A., 51, 208, 209

Pauli, W., 134
 Pearce, G., 87, 240
 Platón, 81, 160
 Poisson, S. D., 84, 164
 Polanyi, M., 44, 45, 133, 243
 Popper, K. R., 1, 2, 9, 10, 36, 37, 57, 66, 73, 79, 80, 86, 90-93, 117, 128,

143, 155, 157, 169, 171, 172, 175, 178, 204, 205, 211-213, 218, 219, 221, 234, 243

Post, H. R., 2, 87, 243
 Protágoras, 145

Quine, L. V. O., 2, 108, 243

Rada, E., 240
 Radnitzky, G., 157, 243
 Ravetz, J. R., 6, 167, 172, 243
 Ribes, D., 240, 241
 Roentgen, W., 55, 69
 Ronchi, V., 179, 243
 Rosen, E., 51, 208, 243
 Russell, B., 28, 36, 146, 243
 Russell, D., 157, 244

Sacristán, M., 243
 Sádaba, J., 239
 Salmon, W. C., 24, 244
 Sánchez de Zavala, V., 243
 Scheffler, I., 57, 244
 Schilpp, P. A., 25, 37, 109, 169, 172, 243, 244

Schrodinger, E., 227
 Sklair, L., 172, 244
 Smart, J. J. C., 221, 244
 Sneed, J., 143
 Soddy, F., 154
 Solis, C., 239, 241
 Stegmüller, W., 143
 Stove, D., 36, 244
 Stuewer, R. H., 8, 239
 Suchting, W., 3, 202, 238
 Suppe, F., 141, 240

Tarski, A., 210-212, 221, 244
 Thomson, J. J., 124
 Thomson, W., 181
 Tolomeo, 99, 103, 107, 144, 178
 Trusedell, C., 6

Wartofsky, M. W., 157, 183, 238, 243
 Weber, W., 124
 Westman, R., 125
 Wittgenstein, L., 2, 132
 Wolfe, A. B., 23
 Worrall, J., 147-149, 151, 152, 168, 170, 176, 177, 241, 242, 244

Xirau, J., 244

Young, T., 149, 168, 176

Zahar, E., 125, 176, 182, 194, 242, 244
 Ziman, J., 172, 244