

Tras las diversas oleadas del neopositivismo, el constructivismo, el falibilismo o el estructuralismo, el presente Tratado pretende ser, nada más y nada menos, una Filosofía de la Ciencia, es decir, no una metaciencia o una reconstrucción racional de la misma, como si la ciencia fuera una suerte de «máquina» de «productos» luego «pasados a limpio» por el filósofo mediante un sistema de enunciados universales y legalíbrmes, sino la consideración de la ciencia como *actividad* nacida socialmente y al fomento y cambió de la sociedad (y de su «mundo») enderezada. Ello no conlleva una fácil entrega al relativismo cultural, como si el llamado «contexto de justificación» entregara la primacía al de «descubrimiento» (y así, por huir de la lógica cayéramos en el historicismo, en el sociologismo y hasta en un variopinto etnometodologismo). Al contrario, es esa entera dicotomía la que cae cuando la ciencia es vista praxeológicamente. Entre los extremos del realismo (la idea de que ios enunciados científicos dicen la «verdad» de las cosas) y el psicologismo (los enunciados reflejan sólo nuestras representaciones, vengan éstas o no mediadas cultural e históricamente), se propone aquí una *axiología* de la ciencia regida por un principio de conveniencia o de «lo mejor» (trasunto sociotécnico del gran principio leibniziano), que otorga al quehacer científico aquella función que la marxista Tesis XI sobre Feuerbach encomendara a la filosofía; la transformación del mundo. Nada más estimulante que la propuesta de esta obra: ver la filosofía de la Ciencia como rama distinguida de las *filosofía práctica* (o mejor: ayudar a la superación de la vieja distinción griega entre «teoría» y «práctica»). De ahí la relevancia interdisciplinar de este Tratado, sugestivo tanto para el estudiante y el especialista en la materia como para el sociólogo, el historiador y, naturalmente, para el gran olvidado en tantos volúmenes de Filosofía de la Ciencia: el científico mismo, en su quehacer real y en sus intenciones valorativas.

Javier Echeverría (Pamplona, 1948) es Licenciado en Matemáticas y Doctor en Filosofía por las Universidades Complutense de Madrid y Sorbona de París. Catedrático de Lógica y Filosofía de la Ciencia de la Universidad del País Vasco en San Sebastián desde 1986, actualmente es Presidente de la Sociedad de Lógica, Metodología y Filosofía de la Ciencia en España. Ha publicado, entre otros libros, *Leibniz: el autor y su obra* (Barcanova, 1981), *Análisis de la identidad* (Granica, 1987), *Introducción a la Metodología de la Gencia: la Filosofía de la Gencia en el siglo xx* (Barcanova, 1989), *Telépolis* (Destino, 1994) y *Cosmopolitas Domésticos* (Anagrama, 1995), siendo editor de la obra colectiva *The Space of Mathematks* (De Gruyter, 1992) con A Ibarra y T. Mormann y del libro *Leibniz. La Caractéristique Géométrique* (Vrin, 1995) con M. Parmentier.

Filosofía de la Ciencia



Javier Echeverría

AKAL

akal
EDICIONES

FUNDO DE CULTURA
ECONOMICA
PVP 6,79

ISBN 84-460-0551-4



9 788446 005513

Introducción	7
I. Nuevas corrientes en la filosofía de la ciencia	11
1.1. La crisis de la filosofía positivista de la ciencia, 11. 1.2. El relativismo científico, a partir de Kuhn, 14. 1.3. La sociología del conocimiento científico, 20. 1.4. Hacking: la ciencia como transformación del mundo, 32. 1.5. Puntos críticos en el debate actual sobre la ciencia, 39. 1.6. Bases para una filosofía axiológica de la ciencia, 46.	
II. Los cuatro contextos de la actividad científica	51
II.1. Introducción, 51. II.2. La distinción entre contexto de descubrimiento y contexto de justificación, 52. II.3. Críticas a la distinción de Reichenbach, 55. II.4. Los cuatro contextos de la ciencia, 58. II.5. Interacciones entre los cuatro contextos, 65.	
III. Ciencia y Valores	67
III.1. El debate sobre la ciencia y los valores, 67. III.2. El ethos de la ciencia, según Merton, 75. III.3. El objetivo de la ciencia, según Popper, 79. III.4. Los valores y la ciencia, según Kuhn, 85. III.5. Axiología, metodología y filosofía de la ciencia, 91.	

IV. El pluralismo axiológico de la ciencia.	115
IV. 1. El pluralismo de las ciencias y de sus métodos, I 15. IV.2. Valores epistémicos y valores prácticos en la actividad científica, I 19. IV.3. La evaluación en el contexto de enseñanza, 124. IV.4. La evaluación en el contexto de innovación, 129. IV.5. La evaluación en el contexto de aplicación. 133. IV.6. La axiología de la ciencia y el contexto de evaluación, 137.	
V. El conocimiento científico y la práctica científica.	141
V. 1. Enseñar a conocer científicamente, 141. V.2. La construcción de los hechos científicos, 144. V.3. La actividad científica en el contexto de educación, 147. V.4. Praxis científica y racionalidad, 154.	
VI. Las leyes científicas.	161
VI.1. Introducción, 161. VI.2. El modelo nomológico-deductivo de explicación científica, 164. VI.3. Otras concepciones sobre las leyes científicas, 170. VI.4. Leyes naturales y leyes científicas, 176. VI.5. Las leyes científicas como normas de acción, 184.	
Bibliografía.	193
Bibliografía sobre filosofía de la ciencia, 193. Bibliografía en español sobre filosofía de la ciencia, 206.	

La filosofía de la ciencia se está transformado profundamente durante los últimos años. Tras el predominio del empirismo lógico del Círculo de Viena, sólo contestado por Popper y sus discípulos, la obra de Kuhn ha supuesto una auténtica conmoción en la reflexión filosófica sobre la ciencia. A ello han contribuido la transformación de la historiografía de la ciencia y la consolidación de otro tipo de estudios sobre la ciencia (Science Studies), como la sociología, la psicología y la antropología de la ciencia. Desde muy distintas perspectivas se ha subrayado la influencia de diversos aspectos sociales y culturales sobre la ciencia. Paralelamente, las vinculaciones entre la ciencia y la tecnología han ido aumentando, hasta el punto de que actualmente se habla de la tecnociencia.

Hasta los años 70 ha imperado una filosofía del conocimiento científico. En las últimas décadas, en cambio, se ha comenzado a desarrollar una filosofía de la actividad científica que, aun siendo complementaria a la epistemología, comienza a interesarse por la práctica de los científicos, y no sólo por las teorías científicas. Aparte de reflexionar sobre los métodos y el lenguaje científico, las teorías y los hechos, los conceptos y las leyes científicas, la predicción y la explicación, la racionalidad y el realismo, la filosofía de la ciencia ha empezado a ocuparse de otros muchos temas: las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad, la contraposición entre paradigmas rivales, el progreso científico y su influencia sobre el entorno, las comunidades y las instituciones científicas, la construcción de los hechos y de las representaciones científicas, etc.

El presente libro se inscribe dentro de esta corriente de renovación de los estudios filosóficos sobre la ciencia. Partiendo de un panorama general sobre las nuevas corrientes en filosofía y sociología de la ciencia (capítulo I), el capítulo II propone analizar las diversas actividades científicas distinguiendo cuatro contextos: el de educación, que incluye la enseñanza y la difusión científicas, el de innovación, que retoma conjuntamente los descubrimientos científicos y las innovaciones tecnológicas, el de evaluación o valoración y el de aplicación. Aunque la investigación y la búsqueda de nuevo conocimiento constituyen componentes básicas de la ciencia, el saber científico ha de ser transmitido y mejorado, además de aplicado y evaluado. Rechazando la distinción clásica entre contexto de descubrimiento y contexto de justificación, esta obra amplía los ámbitos para la reflexión filosófica sobre la ciencia, que ya no deben restringirse a las cuestiones epistémicas o cognitivas.

Así como la concepción heredada en filosofía de la ciencia (Carnap, Reichenbach, Popper, Nagel, Hempel, etc.) trataba de analizar y reconstruir el conocimiento científico y para ello elaboraba una Metodología, una Epistemología e incluso una Ontología de la Ciencia, las páginas que siguen tienen en la práctica científica (capítulo V), y en concreto en la Axiología de la Ciencia su tema principal. Las relaciones entre la ciencia y los valores son estudiadas con cierto detalle en el capítulo III, mientras que en el IV se afirma la pluralidad metodológica y axiológica de la ciencia. También se analizan algunas cuestiones clásicas derivadas de los estudios sobre el conocimiento científico, y en concreto el tema de las leyes científicas (capítulo VI), considerado por muchos como la cuestión central de la reflexión moderna sobre la ciencia.

Frente a los pensadores empiristas que buscaban una fundamentación de la ciencia en los hechos y en la correspondencia entre el mundo y el conocimiento científico, pero también contra la concepción racionalista teleológica de la ciencia (Popper, Lakatos, Laudan, etc.), en este libro se afirma la profunda influencia que tienen los criterios axiológicos sobre las diversas modalidades de praxis científica. En lugar de pensar que la ciencia está regida per se por unos objetivos o finalidades que hay que tratar de satisfacer, aunque sea paso a paso y sin llegar nunca a la meta, aquí se afirma que los objetivos de la ciencia surgen a partir de unos valores previos. La Axiología de la Ciencia se convierte así en la clave para estudiar filosóficamente los diversos tipos de praxis científica, incluida aquella que busca aumentar el conocimiento o aproximarse a la verdad.

El autor ha enseñado Metodología, Historia y Filosofía de la Ciencia en la Facultad de Filosofía y Ciencias de la Educación de la Universidad del País Vasco (San Sebastián) desde 1979 y en esta obra se sintetiza buena parte de dicha experiencia. Habiendo publicado en 1989 un libro titulado *Introducción a la Metodología de la Ciencia: La Filosofía de la Ciencia en el Siglo XX* (Barcelona, Barcanova), que puede ser considerado como una obra de lectura previa a la que ahora se publica, el presente libro supone una opción decidida por considerar a la Filosofía de la Ciencia, por decirlo en términos kantianos, no sólo como una filosofía pura, sino también como una filosofía práctica.

Algunos de los apartados que aquí se incluyen retoman ideas desarrolladas en artículos previamente publicados en revistas y en obras colectivas especializadas. Sin embargo, el libro ha sido concebido y escrito desde una perspectiva unitaria, sin perjuicio de que ésta consista en afirmar el carácter plural de la ciencia, tanto desde el punto de vista de su metodología como de su axiología. Agradezco a los editores de dichos artículos su autorización para utilizar algunos pasajes previamente publicados en los trabajos siguientes:

- "El concepto de ley científica", en CU. Moulines (ed.), *La ciencia: estructura y desarrollo*, Madrid 1993, Editorial Trotta/CSIC/Quinto Centenario, Enciclopedia Iberoamericana de Filosofía, vol. 4, pp. 57–88.
- "Crítica a la distinción entre contexto de descubrimiento y contexto de justificación: una propuesta alternativa", *Revista Latinoamericana de Filosofía*, XX-2 (1994), pp. 283-302.
- "Relativismo científico", *Revista de Occidente*, 169, junio 1995, pp. 55-70.
- "El pluralismo axiológico de la ciencia", por aparecer en Isegoría.

La redacción de esta obra ha sido facilitada por la concesión en junio de 1993 de un Proyecto de Investigación coordinado (PB92-0846-C06-01) sobre el tema "Aspectos pragmáticos de las teorías científicas: la construcción de representaciones científicas" por parte de la Dirección de Política Científica del Ministerio de Educación y Ciencia del Reino de España. Agradezco a los diversos profesores que han formado parte de los seis equipos que desarrollaron este proyecto de investigación sus sugerencias y sus críticas, y en particular a Fernando Broncano, José Antonio Díez Calzada, Anna Estany, José Luis Falguera, Rosa Fernández Ladreda, Amparo Gómez, Andoni Jbarra, Eulalia Pérez Sedeño, José Miguel Sagüillo, Jesús Sánchez, Juan Vázquez y Luis Villegas. Mi estancia como investigador durante los cursos 92-93 y 93-94 en el Instituto de Filosofía

del CSIC (Madrid) me permitió ir perfilando y desarrollando estas ideas. Agradezco a la documentalista del Instituto, Julia García Maza, así como a su Director, Reyes Mate, y a diversos colaboradores del Instituto (José María González, Javier Muguerza, Roberto Rodríguez Aramayo, José Manuel Sánchez Ron y Carlos Thiebaut) el apoyo y el ánimo que en todo momento recibí durante esos dos años.

Cuando acepté la propuesta de Félix Duque, Director de esta colección, de preparar un libro sobre Filosofía de la Ciencia que pudiera ser utilizado por estudiantes y personas interesadas en los estudios sobre la ciencia, no pensé que las cuestiones a tratar fueran a ser tan amplias. Al final, los temas tratados en este libro han sido reducidos drásticamente si lo comparamos con otras obras disponibles en castellano sobre filosofía de la ciencia. He preferido que la obra tuviera coherencia y pudiera llegar a profundizar en algunos puntos, en lugar de tratar todas las cuestiones relevantes en la filosofía contemporánea de la ciencia. Los huecos que han podido quedar se intentan remediar proporcionando informaciones bibliográficas complementarias en notas a pie de página.

Siempre que ello ha sido posible, se ha procurado que las citas de otros autores se refieran a las traducciones castellanas, caso de haberlas. Al final se incluye una bibliografía general en donde aparecen las referencias originales y las traducciones.

Las propuestas que aquí se hacen en favor del desarrollo de una Filosofía Axiológica de la Ciencia tratan de abrir un nuevo campo de estudio, poco frecuente en la bibliografía disponible en lengua española. Como podrán comprobar los lectores, la tesis central consiste en afirmar que la filosofía de la ciencia no puede seguir reduciéndose a una Metodología ni a una Epistemología, si de verdad se quiere reflexionar sobre la ciencia en toda su complejidad. En las páginas que siguen se trata de sentar unas primeras bases para el establecimiento de una Axiología de la Ciencia. No me cabe duda de que, al tratarse de una primera propuesta, esta obra podrá ser mejorada por ulteriores autores. Confío en que pueda servirles, tanto a ellos como a los lectores en general, como una fuente de reflexión.

Javier Echeverría

I.1. LA CRISIS DE LA FILOSOFÍA POSITIVISTA DE LA CIENCIA

La filosofía de la ciencia se constituyó como tal a partir de la formación del círculo de Viena. Este grupo se organizó en torno a la Cátedra de Filosofía de las Ciencias Inductivas que ganó Moritz Schlick en la Universidad de Viena en 1922, y rápidamente congregó a físicos, matemáticos, economistas, psicólogos, lingüistas y filósofos. Su aparición respondió al proceso de profunda transformación que la ciencia había experimentado a principios del siglo XX con la emergencia de la teoría de la relatividad de Einstein, el desarrollo de la lógica matemática ligada a la teoría de conjuntos y la aparición de la mecánica cuántica.

El Círculo de Viena proyectó elaborar una *filosofía científica* que rompiera con la *Wissenschaftstheorie* y con la metafísica imperante en los países germanos. Considerándose herederos de la revolución lógica de principios de siglo (Frege, Peano, Russell, Hilbert) y de la revolución relativista de Einstein, sus miembros trataron de producir una auténtica *revolución filosófica*, apelando para ello al proyecto de Comte de una ciencia unificada y a las epistemologías empiristas de Mach y del Wittgenstein del *Tractatus*. De hecho, en su manifiesto fundacional se mencionaban explícitamente los nombres de Einstein, Russell y Wittgenstein. La Teoría de la Ciencia de los empiristas lógicos no sólo obedece a un nuevo planteamiento filosófico: fue sobre todo la respuesta de estos pensadores a los importantes procesos de cambio científico que se desarrollaron a principios del siglo XX.

El empirismo lógico del Círculo de Viena y de sus continuadores mantuvo una influencia considerable hasta los años 60, a pesar de las críticas que Popper había llevado a cabo a algunas de sus tesis (inductivismo, con-

firmacionismo, etc.) ya en 1934¹. Obras como las de Nagel (1961) y Hempel (1965 y 1966) constituyeron las expresiones más sistemáticas de esta filosofía empirista y justificacionista de la ciencia: no en vano han sido libros de texto en numerosas Universidades, sobre todo en el ámbito de influencia anglosajona. Diversos autores (Toulmin, Polya, Hanson, Quine, Putnam y el propio Wittgenstein) publicaron en los años 50 y 60 agudas críticas a algunas de las tesis principales de la *standard view*, o concepción heredada². Sin embargo, la crisis de la filosofía positivista de la ciencia se inicia a partir de la publicación en 1962 de la obra de Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas*; a partir de esa fecha surgieron numerosos críticos de las tesis positivistas, tanto entre los filósofos e historiadores de la ciencia (Lakatos, Feyerabend, Laudan, etc.) como entre los defensores de la sociología del conocimiento científico (Barnes, Floor y otros muchos)³. La mayoría de los comentaristas está de acuerdo al señalar que la obra de Kuhn ha supuesto un punto de inflexión en el desarrollo de los estudios sobre la ciencia en el siglo XX⁴.

Desde 1970 cabe hablar de una proliferación de concepciones sobre la ciencia, sin que haya ninguna central ni determinante. Junto a la filosofía de la ciencia que se sigue inscribiendo en la tradición positivista y analítica se han consolidado la sociología de la ciencia, la etnociencia y en

general los estudios sobre la ciencia (*Science Studies*). Asimismo han aparecido nuevas maneras de hacer la historia de la ciencia y de la tecnología. No hay que olvidar la creciente atención que se presta a la influencia de la política científica (*Science Policy*) sobre la actividad de los científicos, ni los estudios sobre la ciencia y el poder⁶, así como la naciente economía de la ciencia. Todo ello muestra que la filosofía positivista, que tuvo una profunda influencia durante varias décadas, está en declive, y que denominaciones como *Filosofía Científica*, *Lógica de la Ciencia* o incluso *Teoría de la Ciencia*, que pueden ser consideradas como características de la filosofía positivista de la ciencia, han ido perdiendo vigencia.

Esta transformación se refleja en los libros recientes, en las nuevas revistas, en las series monográficas de las editoriales especializadas, en las líneas de investigación y en los Congresos, pero también en otros ámbitos institucionales, como las Universidades y las Sociedades Científicas. La reflexión sobre la ciencia ya no es exclusiva de los lógicos ni de los filósofos. Son pocos los que tratan de indagar los *fundamentos lógicos o filosóficos* de la ciencia⁷. Por el contrario, se insiste en el carácter cultural y social de la ciencia, y con ello en la complejidad y pluralidad del saber científico. El ideal positivista de la *Ciencia Unificada* ha pasado a la historia. La reducción de las teorías científicas a sistemas lógico-formales axiomatizados, al modo del programa metamatemático de Hilbert, ha quedado literalmente abandonada, y el análisis y la reconstrucción de las teorías científicas conforme a las técnicas informal-conjuntistas de la concepción estructural, aun pudiendo representar una tentativa de salvar los "restos del naufragio", va experimentando a su vez profundas modificaciones conceptuales, que tienden a hacer converger algunos aspectos de la filosofía clásica de la ciencia (Carnap, Reichenbach o Popper, por mencionar tres autores que han tenido amplia influencia durante muchos años) con algunas de las aportaciones de Kuhn o de Lakatos. Algunos filósofos de la ciencia han adopta-

¹ En su *Logik der Forschung*, que comenzó a tener amplia influencia a partir de la traducción inglesa de 1959 (*The Logic of Scientific Discovery*), Popper afirmó que las teorías científicas son conjeturas que tarde o temprano serán refutadas, y que el método científico fundamental es el hipotético-deductivo, en oposición al inductivismo del Círculo de Viena. Popper propuso la denominación de *realismo crítico* para aludir a sus posturas filosóficas generales, que consideran que la ciencia es una incesante búsqueda de la verdad. Su influencia sobre Lakatos y su polémica con Kuhn han sido momentos relevantes en la filosofía de la ciencia del siglo XX.

² Esta denominación fue propuesta por Putnam y ha sido traducida al castellano como *concepción heredada* a partir de la edición de Eloy Rada y Pilar Castrillo del libro de Frederick Suppe titulado *La estructura de las teorías científicas* (Madrid, Editora Nacional, 1979). Véase H. Putnam, "Lo que las teorías no son", en L. Olivé y A.R. Pérez Ransanz 1989, p. 312.

³ Para un estudio más detallado de las críticas a la concepción heredada, así como de las posturas de Kuhn, Lakatos y de la concepción estructural, que ha tratado de conjugar esas críticas con algunos postulados básicos de la filosofía empirista de la ciencia, véase J. Echeverría, *Introducción a la Metodología de la Ciencia; la Filosofía de la Ciencia en el siglo XX*, Barcanova, Barcelona, 1989. Para un resumen del desarrollo de la filosofía de la ciencia a lo largo del siglo XX, ver J.A. López Cerezo, J. Sanmartín y M. González, "El estado de la cuestión. Filosofía actual de la ciencia", *Diálogo Filosófico*, 29, 1994, pp. 164-208.

⁴ Carlos Solís ha publicado recientemente el libro *Ramones e intereses. La historia de la ciencia después de Kuhn* (Barcelona, Paidós, 1994) en el que se contraponen la *filosofía racionalista* previa a la obra de Kuhn y la *filosofía sociologista* ulterior (p. 13).

⁵ Un buen manual en castellano con esa orientación es el libro reciente de Anna Estany, *Introducción a la filosofía de la ciencia*, Barcelona, Crítica, 1993.

⁶ Entre la literatura reciente en castellano sobre este tema, destaca el volumen colectivo titulado *Ciencia y Poder* (Madrid, Universidad Pontificia de Comillas, 1987), así como la monografía de José Manuel Sánchez Ron, *El poder de la ciencia* (Madrid, Alianza, 1992), de tendencia más historiográfica.

⁷ Richard Rorty, en su libro *La filosofía y el espejo de la naturaleza*, Madrid, Cátedra, 1983, ha dedicado amplios ataques a esta epistemología fundacionista. Sin embargo, en 1994 se ha creado un grupo internacional que edita la revista *Foundations of Science* y que trata de volver a vincular a los científicos, los filósofos y los historiadores. Su líder principal es el polaco R. Wójcicki.

" La obra básica es la de W. Balzer, C.U. Moulines y J. Sneed, *An Architectonic for Science*, Dordrecht, Reidel, 1987. Véase también C.U. Moulines, *Exploraciones metacientíficas*, Madrid, Alianza, 1982.

do las tesis de Quine, y en particular las de Giere⁹, defendiendo una epistemología naturalizada, mientras que otros (como van Fraassen y sus seguidores¹⁰) están desarrollando una concepción representacional de las teorías científicas. El desarrollo de las ciencias cognitivas ha influido asimismo sobre la filosofía de la ciencia, habiendo surgido en los años 80 diversos autores (como Thagard, los Churchland y el propio Giere) que han indagado la metáfora computacional mente/ordenador para dar cuenta de la actividad investigadora de los científicos.

A lo largo de esta obra volveremos una y otra vez sobre numerosas cuestiones abordadas por los autores y las escuelas recién mencionadas. Sin embargo, en este primer capítulo conviene que consideremos con un cierto detalle el desarrollo de los estudios sociales de la ciencia, tal y como han sido propuestos por diversos sociólogos del conocimiento. Frente al *reduccionismo fiscalista* que caracterizó al Círculo de Viena, cabe hablar de un *reduccionismo sociologista* a partir de los años 70. Así como la epistemología del positivismo lógico trató de monopolizar los estudios sobre la ciencia, o cuando menos consideró que sus análisis y reconstrucciones de las teorías científicas eran el núcleo central de los estudios sobre la ciencia, mientras que los historiadores, sociólogos y psicólogos de la ciencia sólo debían desarrollar estudios complementarios, así también numerosos sociólogos del conocimiento científico parecen pensar últimamente que sus indagaciones sobre la ciencia son las únicas realmente pertinentes. Por ello es preciso conocer, aunque sea a nivel puramente descriptivo e introductorio, algunas de las tendencias más activas en sociología de la ciencia durante el último cuarto de siglo.

12. EL RELATIVISMO CIENTÍFICO, A PARTIR DE KUHN "

La publicación en 1962 de la obra de Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas*, ha supuesto importantes cambios en los estudios sobre la ciencia. Tanto los propios científicos como, sobre todo, los historiadores, sociólogos y filósofos de la ciencia, han debatido ampliamente las propuestas kuhnianas en contra de la concepción acumulativa del progreso científico.

* R.N. Giere, *Explaining Science. A cognitive Approach*, Chicago, University of Chicago Press, 1988.

¹⁰ Ver B. van Fraassen, *The Scientific Image*, Oxford, Clarendon, 1980.

" En este apartado se retoma buena parte de mi artículo "Leibniz contra Kuhn: problemas del relativismo científico", publicado en la Revista de *Occidente* 169, junio 1995, pp. 55-70. Agradezco a los editores de esa revista la autorización para utilizar ese texto.

fico, así como sus afirmaciones sobre la existencia de paradigmas y de revoluciones científicas. Al distinguir entre dos tipos de ciencia, la ciencia normal y la ciencia revolucionaria, así como al afirmar que en los momentos de crisis y de cambio científico radical existía inconmensurabilidad entre los paradigmas rivales, Kuhn dio pábulo a un fuerte renacimiento del relativismo científico. Entre los filósofos de la ciencia, Feyerabend mantuvo posiciones radicalmente relativistas, resumidas en su fórmula "todo vale", referida a la metodología científica. El relativismo ha tenido asimismo una gran influencia en la década de los 80 entre los sociólogos de la ciencia, como veremos en el apartado siguiente.

Numerosos filósofos de la ciencia han criticado este resurgir del relativismo y han atacado las tesis de Kuhn y de Feyerabend sobre la inconmensurabilidad entre paradigmas y teorías. En la polémica subsiguiente, se han adoptado las más diversas posturas. No se trata aquí de hacer un estudio a fondo del debate ni de los diversos autores que han intervenido en el mismo. Los objetivos del presente apartado son cuatro. Primero, resumir los principales puntos que fueron propuestos por Kuhn y que favorecen las tesis relativistas, tal y como éstas son tratadas en filosofía de la ciencia. Segundo, comentar algunos de los problemas que presentan las tesis kuhnianas. Tercero, mostrar que estas cuestiones involucran debates filosóficos más generales que los que se muestran al hablar solamente de la ciencia. Por último, trataremos de replantear el debate, pero centrándonos siempre en las tesis de Kuhn. Al cabo, las diversas variantes que el relativismo científico ha tenido entre los filósofos de la ciencia tienen al autor de *ERC* como su principal inspirador. Para ello nos centraremos en la evolución que puede percibirse en Kuhn desde sus primeros escritos sobre la inconmensurabilidad hasta sus posteriores trabajos sobre la intraducibilidad.

En su libro de 1962, Kuhn afirmó que la ciencia no se desarrolla mediante la acumulación de descubrimientos e inventos individuales, sino gracias a una acción colectiva llevada a cabo por las comunidades científicas en base a creencias, métodos, conceptos y valores compartidos, a cuyo conjunto denominó *paradigmas*. Puesto que hay épocas de ciencia normal, pero también hay revoluciones científicas, se trataba de estudiar ambos tipos de ciencia. Las revoluciones científicas implican paradigmas rivales y comunidades científicas contrapuestas entre sí. La experiencia no vale como juez en esas controversias, porque los defensores de paradigmas opuestos pueden llegar a tener percepciones heterogéneas del mundo. En los procesos de cambio científico, los propios términos básicos (fuerza, masa, energía, átomo, electrón, gen, etc.) cambian de significado y la percepción de los científicos varía, pudiendo suceder que un mismo fenómeno

no sea visto de maneras diferentes, e incluso incompatibles entre sí. Como dijo Hanson, un astrónomo ptolemaico y un astrónomo copernicano no ven lo mismo, y por tanto no pueden ponerse de acuerdo entre sí, ni por lo que respecta a sus observaciones empíricas ni en relación a sus vocabularios respectivos (Hanson, 1977, p. 79).

Kuhn ha formulado una serie de tesis que pueden servir como marco de referencia al relativismo científico actual:

A: "La tradición científica normal que surge de una revolución científica no sólo es incompatible, sino a menudo efectivamente inconmensurable con la anterior" (Kuhn, 1971, p. 166)¹².

B: "El historiador de la ciencia puede sentirse tentado a proclamar que cuando cambian los paradigmas, el mundo mismo cambia con ellos" ... "los cambios de paradigma hacen que los científicos vean el mundo de investigación, que les es propio, de manera diferente" (ibid., p. 176).

C: "En tiempos de revolución, cuando la tradición científica normal cambia, la percepción del científico de su entorno debe ser reeducada" ... "Tras haberlo hecho así, el mundo de su investigación le parecerá, en algunos lugares, inconmensurable con el que habitaba anteriormente" (Ibid., p. 177).

En esta misma obra, Kuhn matizó su afirmación B, al decir poco después:

D: "Aunque el mundo no cambia con un cambio de paradigma, el científico después trabaja en un mundo diferente" (Ibid., p. 191),

y posteriormente volvió a precisar sus tesis sobre la inconmensurabilidad entre teorías, afirmando claramente que ello no implica que las teorías sean incomparables y precisando que:

E: "Al aplicar el término 'conmensurabilidad' a las teorías, sólo trataba de insistir en que no había un lenguaje común en el marco del cual ambas pudieran ser expresadas por completo y, por consiguiente, ambas pudieran ser usadas comparándolas entre sí punto por punto" (Kuhn, 1976, p. 191).

Con ello el debate sobre la inconmensurabilidad entre teorías tomaba otro rumbo. El mundo no cambia porque la ciencia cambie, como queda claro en la tesis D, pero nuestro conocimiento del mismo sí puede modificarse radicalmente por efecto de las revoluciones científicas (tesis B y C). Por otra parte, no existe un lenguaje común y neutro al que pudieran ser traducidas dos teorías inconmensurables, ni luego comparadas punto por punto en el marco de dicho lenguaje. Podríamos decir que Kuhn no es un relativista ontológico (ni un escéptico), sino más bien un relativista epistemológico y, sobre todo, un relativista lingüístico.

Esto último queda particularmente claro en sus obras posteriores, en las que Kuhn se acercó a las posturas de Quine sobre la intraducibilidad:

F: "Afirmar que dos teorías son inconmensurables significa afirmar que no hay ningún lenguaje, neutral o de cualquier otro tipo, al que ambas teorías, concebidas como conjuntos de enunciados, puedan traducirse sin resto ni pérdida" (Kuhn, 1989, p. 99).

Retengamos este "sin resto ni pérdida", porque posteriormente tendrá importancia para nosotros. Kuhn llama *inconmensurabilidad local* a esta nueva concepción, la tesis F. Consiguientemente, el problema de la inconmensurabilidad se remite al problema de la traducción. De hecho, buena parte de sus consideraciones ulteriores versan sobre los problemas de la traducción de unos lenguajes naturales a otros. Así como hay inconmensurabilidad entre teorías científicas, así también hay inconmensurabilidad entre lenguajes naturales (*Ibid.*, pp. 124-5). Las tesis de Kuhn se sintetizan finalmente en la afirmación siguiente:

G: "lenguajes diferentes imponen al mundo estructuras diferentes" (Ibid., p. 131).

El relativismo científico se reduce entonces, al menos en su versión kuhniana final, al relativismo lingüístico; y de éste se llega rápidamente al relativismo cultural, aunque sea a base de aceptar hipótesis tan fuertes como la siguiente:

H: "Los miembros de la misma comunidad lingüística son miembros de una cultura común" (ibid., p. 129).

Sin embargo, Kuhn no llega a afirmar que, así como hay inconmensurabilidad entre teorías y entre lenguajes, hay también inconmensurabilidad entre culturas. Los motivos por los que no da este último paso merecen ser comentados.

Para Kuhn, "lo que los miembros de una comunidad lingüística comparten es la homología de la estructura léxica" (*Ibid.*, p. 131). Los lenguajes poseen una estructura y para que dos hablantes (o dos científicos) aludan a un mismo mundo y puedan comunicarse entre sí, es preciso que coincidan sus estructuras taxonómicas, mediante las cuales categorizan, organizan y conocen el mundo. Como conclusión, Kuhn afirma que la traducción término a término no es posible, ni en el caso de los lenguajes científicos ni en el caso de los lenguajes naturales. Su teoría de la traducción no se limita a una semántica extensional ni a la identificación de las referencias, sino que incluye también las intensiones y los sentidos, al modo de Frege. Como Saussure, aunque sin aludir a él, Kuhn admite un holismo local en toda lengua, de tal manera que una palabra nunca tiene significado por sí misma, a no ser por oposición y en relación a otras palabras de esa misma lengua. Esas interrelaciones caracterizan lo que Kuhn llama "estructura léxica".

¹² La traducción de este pasaje es de José Luis Falguera, quien corrige la realizada por Agustín Contín en la edición del Fondo de Cultura Económica de la obra de Kuhn.

Pues bien, en el caso de distintas lenguas la posibilidad de la traducción depende de las estructuras respectivas:

"las estructuras léxicas empleadas por los hablantes de las lenguas deben ser las mismas, no sólo dentro de cada lengua sino también de una lengua a otra" (*Ibid.*, p. 132).

Contra Quine, la traducción puede ser posible, pero no lo es siempre. El problema se remite a la existencia de unos invariantes lingüísticos, que pueden ser puestos en relación con la gramática generativa de Chomsky. En la medida en que las diversas lenguas o las distintas teorías científicas posean estructuras taxonómicas homologas, la traducción es posible.

Aun en el caso de que no existieran tales invariantes, intraducibilidad no implica incomunicabilidad, debido a que hay otros recursos para que los seres humanos se comprendan entre sí:

"cuando la traducción no es factible, se requieren dos procesos que son muy diferentes: interpretación y aprendizaje del lenguaje" (*Ibid.*, p. 133).

Ello vale tanto para los lenguajes naturales como para la ciencia. Dos teorías científicas inconmensurables pueden ser intraducibles, en el sentido de que la traducción de textos y de teorías científicas siempre implica pérdidas y deformaciones profundas, pero ello no equivale a decir que el contenido de dichas teorías no pueda ser inteligible para los defensores de las teorías rivales. El trabajo de los historiadores de la ciencia, como el de los antropólogos en relación a las culturas, consiste precisamente en interpretar y hacer inteligibles esas teorías intraducibles. Los historiadores y los antropólogos tienen como tarea principal la de encontrar un vocabulario que permita describir y comprender otros períodos de la ciencia y otras culturas. Aunque su comprensión nunca sea total, y por consiguiente no puedan ser traductores exactos de esas otras culturas y épocas, sí pueden glosar y hacer accesibles partes importantes de dichas concepciones del mundo, que para Kuhn siempre están vinculadas a las teorías científicas y a las culturas.

Podemos concluir que en Kuhn hay una cierta afirmación del relativismo científico, pero también una negación del mismo. En su breve alusión a la antropología se manifiesta contrario al etnocentrismo. En el caso de los historiadores de la ciencia, lo que llamamos etnocentrismo adquiere connotaciones distintas: son "etnocentristas" aquellos historiadores de la ciencia que sólo se preocupan por descubrir en los autores y en las teorías antiguas lo que pueden tener de actualidad. Quien presupone que la ciencia actual es el centro a partir del cual hay que interpretar la ciencia de épocas anteriores, está deformando inexorablemente el pensamiento de los científicos del pasado.

Extraemos de ello una importante conclusión: en el caso de la ciencia, y en concreto de su historia, el relativismo kuhniano se caracterizara por afirmar la irreductibilidad de las épocas científicas anteriores a la ciencia actual. Ello no equivale a decir que no sean reducibles parcialmente; pero nunca en su totalidad.

Uno de los principales problemas que se traslucen en los textos de Kuhn antes citados estriba en la delimitación de lo que pueda ser ese "mundo" que cambia con los paradigmas. Al respecto, Kuhn ofrece respuestas insuficientes. Tratándose de un físico interesado en las ciencias naturales, cabría inferir que lo que nunca cambia es la Naturaleza, a pesar de que puedan cambiar las leyes que formulamos sobre ella, y por consiguiente el significado de los términos científicos, y por ende también el conocimiento científico del mundo. El debate con Kuhn no se centra tanto en los hechos y en las observaciones científicas cuanto en las leyes científicas, que para él son el foco de atribución de significado a las teorías:

"sólo con ayuda de esta ley (¡a *segunda ley de Newton*) se puede aprender a identificar fuerzas y masas newtonianas, y a relacionar con la naturaleza los términos correspondientes" (*Ibid.*, p. 144).

La clave del relativismo kuhniano no está sólo en el lenguaje científico, sino específicamente en las formulaciones de las leyes científicas. Dado que el significado de los términos científicos depende de las leyes, y puesto que las referencias de dichos términos sólo son dilucidables con ayuda de las leyes, la clave para interpretar lo que pueda ser el mundo de los científicos se encuentra en las leyes científicas. La inconmensurabilidad y la intraducibilidad, en su sentido fuerte, se producen cuando no es posible contrastar de ninguna manera dos leyes científicas antagónicas, ni traducirlas la una a la otra.

Por tanto, la prueba de fuego para el relativismo científico radica en el relativismo nómico, y ello no en un sentido débil y abstracto ("cualquier ley vale": Kuhn rechazaría radicalmente esta afirmación), sino en uno mucho más preciso: ¿puede haber leyes científicas inconmensurables entre sí, en la versión lingüística antes esbozada?

Contestar a esta pregunta requiere un análisis detallado del concepto de ley científica, que abordaremos en el capítulo 6 de este libro.

Conviene también señalar una segunda insuficiencia de la postura kuhniana, que luego vamos a ver repetida por numerosos sociólogos de la ciencia. Según Kuhn, los detentadores de una misma lengua participan de una misma cultura. A nuestro entender, es claro que una misma lengua puede soportar múltiples concepciones del mundo contrapuestas entre sí, así como diversas culturas. Por consiguiente, no cabe reducir el problema del

relativismo científico al del relativismo cultural a base de presuponer tesis como H. La afirmación de la unidad de cada cultura es una de las grandes mixtificaciones del relativismo cultural, en el que incurren la mayoría de los sociólogos de la ciencia. En lugar de analizar el concepto, hartamente difuso, de cultura, los relativistas culturales dan por supuesto el problema mismo que se trataba de abordar. En una palabra: no hay relativismo cultural serio que no empiece por un análisis y una relativización del concepto de cultura. Si se parte de la tesis de que la ciencia es un saber relativo a cada cultura y a cada sociedad, hay que precisar de inmediato qué es una cultura y una sociedad: no vaya a suceder que el relativismo cultural (o social) parta de conceptos confusos e imprecisos, proyectando a continuación esa confusión sobre la ciencia.

Algo así sucede en el caso de Kuhn, sobre todo cuando atribuye a cada cultura (o a cada teoría científica) una sola concepción del mundo. El "mundo" del que habla Kuhn es algo indefinido, vago, difuso y polívoco. A veces parece aludir a la totalidad del cosmos a lo largo de la historia; otras veces, en cambio, parece que se refiere al mundo actual, sin que nunca quede claro si ese mundo es el entorno inmediato en donde vivimos o una totalidad puramente imaginaria definida por la contemporaneidad. El concepto kuhniano de "mundo" es tan vago como el de "cultura" de los relativistas. Precisamente por ello los comentaristas y los epígonos de Kuhn han podido relacionar la tesis de la inconmensurabilidad entre teorías con el relativismo científico.

Por nuestra parte, y siguiendo en esto al propio Kuhn, centraremos la inconmensurabilidad entre teorías en la incompatibilidad entre sus respectivas leyes científicas, y no entre las concepciones del mundo o las culturas subyacentes. Así, la clave del debate sobre el relativismo científico radica en ese relativismo nómico recién introducido, sobre el cual volveremos en el capítulo sexto.

13. LA SOCIOLOGÍA DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

A la hora de ocuparse de la ciencia, la sociología se restringió durante buena parte de este siglo a la sociología de las instituciones y de las prácticas científicas. Conjuntamente con los historiadores y los psicólogos, los sociólogos podían ocuparse de la génesis del conocimiento científico, así como de la actividad institucional que genera; pero la valoración de los contenidos de la ciencia debía de ser fundamentalmente epistemológica. En su libro *Ideología y utopía*, publicado en 1929, Karl Mannheim formuló la

tesis según la cual la sociología podía ocuparse de lo que Reichenbach llamó luego *contexto de descubrimiento*, e incluso podía ayudar a renovar la epistemología; pero el *contexto de justificación* quedaba fuera del alcance de los estudios sociológicos-. Para Mannheim, "la epistemología pretende ser el fundamento de todas las ciencias" (*Ibid.*, p. 192), si bien "la sociología del conocimiento ... penetra también en el reino de la epistemología, en el que resuelve el conflicto entre las diversas epistemologías concibiendo cada una de ellas como una infraestructura teórica adecuada solamente para una forma de conocimiento" (*Ibid.*, p. 296).

Los sociólogos que se ocuparon ulteriormente de la ciencia (Merton, Znaniecki, etc.¹⁴) llegaron a afirmar que la sociología del conocimiento sólo podía resultar fecunda en la medida en que dejara de lado cualquier tipo de pretensión epistemológica¹⁵. Consiguientemente, la sociología y la filosofía de la ciencia tenían objetos de estudio diferenciados, aunque pudieran interactuar entre sí¹⁶.

Este panorama ha cambiado radicalmente a partir de los años 70, al irrumpir una serie de escuelas y grupos que propugnan una nueva sociología del conocimiento científico, que no sólo se ocupa de la actividad de los científicos, sino de los propios contenidos del conocimiento científico. Pickering, un destacado sociólogo de la ciencia, resume las posturas de esta corriente de estudios sociológicos sobre la ciencia de la manera siguiente:

"La sociología del conocimiento científico, SCC abreviadamente, se diferenció de dos maneras de las posiciones contemporáneas en filosofía y en sociología de la ciencia. En primer lugar, y como su nombre indica, SCC insistió en que la ciencia era significativa y constitutivamente social en todos

" Para la distinción de Reichenbach entre contexto de descubrimiento y contexto de justificación, véase el capítulo siguiente.

¹⁴ Algunas aportaciones del funcionalismo de Merton serán comentadas en el capítulo sobre Ciencia y Valores.

¹⁵ Véase R.K. Merton, "La sociología del conocimiento" en su libro *Teoría y estructura sociales*, México, FCE, 1964.

¹⁶ Conviene recordar que K.R. Popper, al criticar las posturas holistas e historicistas en sus libros *La Sociedad abierta y sus enemigos* y *La miseria del historicismo*, consideró que la sociología del conocimiento, y en concreto Mannheim, no ofrecían un tratamiento adecuado de la objetividad científica ni de los aspectos sociales de la ciencia. Para Popper, la objetividad de la ciencia no se funda en la imparcialidad u objetividad del hombre de ciencia individual, sino en la continua crítica que unos científicos se hacen a otros: "la llamada 'Sociología del Conocimiento' olvida enteramente el carácter social o institucional del conocimiento científico, porque se basa en la ingenua opinión de que la objetividad depende de la psicología del hombre de ciencia individual" (Popper 1987, p. 170). O también: "la objetividad se halla íntimamente ligada al aspecto social

los aspectos que afectan a su núcleo técnico: el conocimiento científico mismo debía de ser entendido como un producto social. En segundo lugar, SCC era resueltamente empirista y naturalista" (A. Pickering, 1992, p. 1).

En el marco de esta concepción general, la más reciente sociología de la ciencia se ha diversificado en numerosas tendencias. En esta obra sólo nos ocuparemos de cuatro: el programa fuerte, la etnometodología, el programa empírico del relativismo y los estudios de ciencia y género. Hay otras muchas corrientes en la reciente sociología del conocimiento científico, como la teoría de los actores-red de Latour, Callón y Law, los análisis del discurso científico de Mulkay, Gilbert y Woolgar, el constructivismo social de Knorr—Cetina, la escuela francesa de Bastide, que practica un enfoque semiótico, o las diversas tendencias postmodernas, pero dado que la mayoría de estas corrientes se renuevan y se modifican sin cesar, es preferible aguardar a que se produzca el lógico proceso de decantación en esta proliferación de teorías sociológicas sobre el conocimiento científico".

1.3.1. El programa fuerte en sociología del conocimiento científico

La primera formulación influyente de este programa de explicación social del conocimiento científico fue propuesta por David Bloor bajo la incisiva denominación de *programa fuerte (strong program) en sociología del conocimiento científico* y fue defendida por diversos autores agrupados en torno a la *Science Studies Unit* de la Universidad de Edinburgo (Barnes, Mackenzie, etc.). Bloor resumió así los puntos básicos de ese programa de investigación sociológica de la ciencia:

"Ej Programa Fuerte. Al sociólogo le concierne el conocimiento en tanto fenómeno puramente natural, incluyendo el conocimiento científico" ... "en lugar de definirlo como una creencia verdadera —o, quizá, como una creencia verdadera y justificada— el conocimiento es para el sociólogo aquello que la gente considera como conocimiento. Consiste en aquellas creencias que la gente asume confiadamente y con las cuales vive. En particular, el sociólogo se sentirá preocupado por aquellas creencias que son consideradas como garantizadas o institucionalizadas, es decir investidas de autoridad por grupos

del método científico, al hecho de que la ciencia y la objetividad científica no resultan (ni pueden resultar) de los esfuerzos de un hombre de ciencia individual por ser 'objetivo', sino de la cooperación de muchos hombres de ciencia. Puede definirse la objetividad científica como la intersubjetividad del método científico" (Popper, 1981, pp. 385-6).

" Algunas de estas escuelas son comentadas en el capítulo 22 de una obra muy completa que se ha publicado recientemente en castellano sobre Sociología de la Ciencia, escrita por E. Lamo de Espinosa, J. González García y C. Torres Albero, *La sociología del conocimiento y de la ciencia*, Madrid, Alianza, 1994. Véase asimismo C. Torres, *Sociología política de la ciencia*, Madrid, CIS/Siglo XXI, 1994, y J. M. Iranzo y otros, *Sociología de la Ciencia y la Tecnología*, Madrid, CSIC, 1995.

de gente. Por supuesto, el conocimiento debe ser distinguido de la mera creencia. Esto puede hacerse reservando la palabra 'conocimiento' para aquello que ha sido asumido colectivamente y dejando lo individual e idiosincrático como mera creencia" (D. Bloor, 1976, p.5).

Por consiguiente, el conocimiento científico debe de ser estudiado como un fenómeno natural, entendiendo por natural aquello que se manifiesta empíricamente en las sociedades: aquello que la gente considera que es conocimiento científico. El sujeto de la ciencia es la sociedad. Si la gente cree que algo es científico, y en particular si las instituciones y las comunidades científicas aceptan un conocimiento como científico, los sociólogos han de partir de ese conocimiento científico dado, tomándolo como punto de partida de sus investigaciones.

En un segundo momento hay que fijarse en aquellas creencias que están investidas de autoridad; es decir, en aquellas que están institucionalizadas. Las creencias pueden ser individuales y privadas; el conocimiento, en cambio, ha de estar apoyado y mantenido social, colectiva e institucionalmente: las comunidades científicas configuran el sujeto de la ciencia.

Partiendo de estos postulados, el programa fuerte en sociología del conocimiento afirmó cuatro principios (*tenets*) básicos. La sociología de la ciencia:

" 1. Debería ser causal, esto es, debería sentirse preocupada por las condiciones que suscitan creencias o estados de conocimiento. Naturalmente, habrá otros tipos de causas, aparte de las sociales, que cooperarán a la hora de suscitar creencias.

2. Debería ser imparcial con respecto a la verdad y a la falsedad, la racionalidad o la irracionalidad, el éxito o el fracaso. Los dos lados de estas dicotomías requerirán explicación.

3. Debería ser simétrica en sus estilos de explicación. Los mismos tipos de causa deberían explicar las creencias verdaderas y las falsas.

4- Debería ser reflexiva. En principio, sus patrones de explicación deberían tener que ser aplicados a la propia sociología. Al igual que el requisito de simetría, éste es una respuesta a la necesidad de buscar explicaciones generales. Es un requisito de base obvio, porque de otro modo la sociología sería una clara refutación de sus propias teorías.

Esos cuatro principios de causalidad, imparcialidad, simetría y reflexividad definen lo que será llamado el programa fuerte en sociología del conocimiento" (*Ibid.*, p. 7).

El programa fuerte fue criticado por diversos filósofos de la ciencia¹⁵, sobre todo por lo que respecta al postulado de simetría. López Cerezo,

¹⁵ Véanse los libros de Laudan (1977), Newton-Smith (1981) y Brown (1989), así como el duro artículo de Laudan, "The pseudo-science of science?", en *Philosophy of the Social Sciences*, 11 (1981), pp. 173-198.

Sanmartín y González consideran que

"el éxito del programa fuerte significa la muerte de la reflexión epistemológica tradicional y la reivindicación del análisis empírico. Sólo una ciencia, la sociología, puede según este programa explicar adecuadamente las peculiaridades del mundo científico" (López Cerezo *et al.*, 1994, p. 188).

De hecho, el desarrollo ulterior de la sociología de la ciencia se ha caracterizado casi siempre por una confrontación con la filosofía *standard* de la ciencia y por la tendencia a plantear una alternativa a los estudios filosóficos sobre la ciencia. Partiendo de la obra de Fleck (1935), así como de las ideas del Wittgenstein de las *Investigaciones Filosóficas* y de las propuestas de Mary Hesse¹⁹, los sociólogos de la ciencia han reinterpretado las tesis de Kuhn en un sentido relativista, afirmando que cualquier criterio puramente lógico o racional para evaluar la ciencia resulta inadecuado, porque la actividad científica siempre se produce en un determinado contexto social, y por tanto está determinada por los intereses de los correspondientes actores sociales²⁰. Este tipo de afirmaciones han dado lugar a enérgicas réplicas por parte de filósofos de la ciencia como Bunge y Moulines²¹.

Prescindiremos por ahora de todos estos debates entre filósofos y sociólogos de la ciencia para centrarnos en el desarrollo que ha tenido la sociología de la ciencia en las dos últimas décadas. Los seguidores del programa fuerte han llevado a cabo estudios minuciosos de algunos momentos relevantes de la historia de la ciencia, tratando de poner en práctica sus principios explicativos de la actividad científica²². El desarrollo teórico más notable que han ofrecido ha sido la teoría de los intereses de Barnes,

mediante la cual se explícita el principio de causalidad ". Bornes no se limita a afirmar que la ciencia no es neutra ni aséptica desde el punto de vista de los intereses sociales, como ya habían subrayado los filósofos de la escuela de Frankfurt²⁴, sino que va más allá, al afirmar que los intereses intervienen en la formulación de las observaciones empíricas, en las evaluaciones de las teorías y, en general, en las creencias compartidas por los científicos.

1.3.2. La etnometodología

El programa fuerte de Bloor y Barnes fue criticado por algunos otros sociólogos de la ciencia, y en particular por los etnometodólogos, algunos de los cuales no sólo defendieron el relativismo epistemológico, sino también un relativismo ontológico²⁵. Las tesis más extremas al respecto son las de Woolgar, para quien "los objetos del mundo natural se constituyen en virtud de la representación, en vez de ser algo preexistente a nuestros esfuerzos por 'descubrirlos'" (Woolgar, 1991, p. 127). Este mismo autor describe la tarea de los etnometodólogos en los siguientes términos:

"Literalmente, la etnografía es un estilo de investigación en que el observador adopta la postura de un antropólogo que se encuentra por primera vez con un fenómeno. Uno toma la perspectiva de un extranjero como medio para poner de relieve las prácticas comunes de los nativos que son objeto de estudio. Literalmente, etno-grafía significa 'descripción' desde el punto de vista de los nativos: en vez de imponer el marco de referencia propio a la situación, el etnógrafo intenta desarrollar una apreciación de la forma en que los nativos ven las cosas. En el caso de la ciencia, nuestros nativos son la comunidad de científicos. Adoptaremos la perspectiva de que las creencias, presupuestos y discurso de la comunidad científica deben percibirse como algo extraño" (*Ibid.*, pp. 128-9).

Partiendo de estos postulados, los etnometodólogos se incorporan al ámbito de los estudios sobre la ciencia en tanto antropólogos culturales (y sociales), tomando al laboratorio en donde investigan los científicos como el lugar preminente para sus trabajos de campo. Mediante la observación participativa, los etnometodólogos aportan una nueva perspectiva, clara-

¹⁹ M. Hesse, *Models and Analogies in Science*, Notre Dame, Univ. of Notre Dame Press, 1966 y *The Structure of Scientific Inference*, Berkeley, University of California Press, 1974, donde se desarrolla su teoría de redes. La antropóloga Mary Douglas es asimismo otra de las fuentes de las tesis de Bloor: véase su obra *Símbolos naturales*, Madrid, Alianza, 1978, así como M. Douglas (ed.), *Essays in the Sociology of Perception*, Londres, Routledge & Kegan Paul, 1982.

²⁰ Véase B. Barnes y D. Bloor, "Relativism, rationalism and the sociology of knowledge", en M. Hollins y S. Lukes (eds.), *Rationalism and Relativism*, Oxford, Blackwell, 1982.

²¹ Véase, por ejemplo, C.U. Moulines 1992, cap. II, 1, "Las incoherencias del relativismo", en donde se acusa a los autores que defienden el relativismo epistemológico de ser autocontradictorios.

²² Véanse los trabajos de Mackenzie y Barnes (1979) sobre el mendelismo y la biometría, el de Shapin (1979) sobre anatomía cerebral en el XIX, el de Mackenzie (1981) sobre los coeficientes de correlación en Estadística, el de Pickering (1984) sobre los quarks o el de Shapin y Schaffer (1985) sobre la controversia entre Hobbes y Boyle. Además de la obra clásica de Bloor (1976), hay que mencionar los dos libros de Barnes, *Scientific Knowledge and Sociological Theory* (1974) e *Interests and the Growth of Knowledge* (1976) y la recopilación de estudios de casos históricos de Barnes y Shapin (1979) como obras de referencia para el programa fuerte en sociología del conocimiento científico.

²⁴ Véase, H.J. Habermas, *Conocimiento e interés*, Madrid, Taurus, 1982.

²⁵ El artículo de M. Lynch, E. Livingston y H. Carfinkel, "Temporal order in [laboratory work]", en K. Knorr-Cetina y M. Mulkay (eds.), *Science Observed*, Londres, Sage, 1983, constituye un buen resumen de las posturas de los etnometodólogos en sus estudios sobre la actividad científica. Véase también la obra clásica en tres volúmenes de H. Garfinkel, *A manual for the study of naturally organized ordinary activities*, Londres, Routledge & Kegan Paul, 1982, así como los estudios de Lynch sobre la actividad de los científicos en los laboratorios, *Art and Artifact in Laboratory Science*, Londres, Routledge & Kegan Paul, 1985.

mente opuesta a la de los filósofos clásicos de la ciencia. Tanto ellos como los sociólogos de la ciencia niegan la distinción entre contexto de descubrimiento y contexto de justificación²⁶ y afirman que la actividad científica ha de ser estudiada en su propio medio, y no sólo en base a sus resultados finales.

Garfinkel, Cicourel, Latour y Woolgar han sido algunos de los autores que más han publicado sobre etnometodología". Frente a las posturas del programa fuerte, Latour y Woolgar renuncian a toda pretensión explicativa de la actividad de los científicos en base a intereses y factores sociales. La etnometodología es una orientación estrictamente descriptiva, que ha centrado sus estudios en la actividad de los científicos en los laboratorios. La creencia en la objetividad y en la neutralidad de la ciencia se viene abajo cuando se examina con detalle la complejidad de la vida en los laboratorios científicos. Para Latour y Woolgar, "el laboratorio es un sistema de construcción de hechos" (Latour y Woolgar, 1986, p. 41), y esa construcción siempre es social (*Ibid.*, p. 188). Esto les llevó a coincidir con una nueva tendencia en sociología de la ciencia, el *constructivismo social*, una de cuyas representantes más destacadas es Karin Knorr—Cetina, sobre cuyas tesis volveremos posteriormente. Los contenidos de la ciencia, y en concreto los hechos y sus presentaciones ulteriores, no sólo están condicionados por factores sociales, sino que "se constituyen a través de fenómenos microsociales" (*Ibid.*, p. 236) que tienen lugar en los laboratorios. Ello implica discusiones y debates: sólo a partir de esos procesos "agonísticos" emerge el concepto de naturaleza (*Ibid.*, p. 237). Los procesos básicos que Latour observó en el laboratorio de endocrinología en los dos años en los que desarrolló su investigación de antropología de la ciencia (construcción de los hechos, disputas y alianzas entre científicos, reificación de los resultados, credibilidad de los actores, circunstancias favorables o desfavorables, disminución del ruido en el canal de información) se ven invertidos al final de la investigación:

"El resultado de la *construcción* de un hecho es que aparece como no construido por nadie; el resultado de la *persuasión* retórica, en el campo agnóstico en el que los participantes están convencidos de estar, es que los participantes están convencidos de que no han sido convencidos; el resultado de la

materialización es que la gente puede jurar que las consideraciones materiales son sólo componentes menores de los 'procesos de pensamiento'; el resultado de las inversiones en credibilidad es que los participantes pueden afirmar que la economía y las creencias no tienen relación alguna con la solidez de la ciencia; en cuanto a las circunstancias, simplemente desaparecen de los protocolos finales, siendo preferible dejarlas para un análisis político que tenerlas en cuenta a la hora de valorar el duro y sólido mundo de los hechos. Aunque no es claro si este tipo de inversión es específico de la ciencia, resulta tan importante que hemos dedicado gran parte de nuestra argumentación a especificar y describir el momento preciso en el que ocurre esa inversión" (*Ibid.*, p. 240).

Los etnometodólogos parten de la base de que la ciencia es una actividad humana más, que en poco difiere de otras prácticas sociales. Su interés principal estriba en mostrar cómo se genera el orden científico a partir de un caos previo de datos, observaciones, posturas opuestas y divetsas hipótesis.

1.3.3. El programa empírico del relativismo

A partir de los años 80, la Universidad de Bath ha desarrollado una implementación del programa fuerte en sociología del conocimiento, centrándose en el análisis de las controversias científicas. Dicho programa (*Empirical Programme of Relativism, EPOR*) fue impulsado sobre todo por Collins y por Pinch: constituye otro de los exponentes de la escuela que suele ser denominada como *constructivismo social*. Su estrategia ha sido caracterizada mediante las tres etapas siguientes:

1. En la primera se muestra la flexibilidad interpretativa de los resultados experimentales, es decir, cómo los descubrimientos científicos son susceptibles de más de una interpretación.

2. En la segunda etapa, se desvelan los mecanismos sociales, retóricos, institucionales, etc. que limitan la flexibilidad interpretativa y favorecen el cierre de las controversias científicas al promover el consenso acerca de lo que es la 'verdad' en cada caso particular.

3. Por último, en la tercera, tales 'mecanismos de cierre' de las controversias científicas se relacionan con el medio sociocultural y político más amplio"²⁸.

Por consiguiente, esta escuela no subraya tanto la importancia de los laboratorios y, aunque continúa centrándose en estudios microsociales, su interés estriba en la recepción que otros científicos hacen de las propues-

²⁶ Véase el capítulo siguiente.

²⁷ Los tres primeros autores son ante todo sociólogos, mientras que Latour y Woolgar se han centrado en la sociología del conocimiento científico, por lo que aquí sólo nos ocuparemos de estos dos últimos. Para un panorama general sobre la etnometodología en Sociología (centrado en los grupos de California), véase el libro de Alain Coulon, *La etnometodología*, Madrid, Cátedra, 1988.

²⁸ J.A. López, J. Sanmartín y M. González (1994), pp. 188-9. Véase también H.M. Collins, "An Empirical Relativist Programme in the Sociology of Scientific Knowledge", en K. Knorr-Cetina y M. Mulkay (eds.), *Science Observed*, o.c., pp. 93-95.

tas de unos y otros equipos investigadores, así como en los debates que tienen lugar en Congresos, Sociedades y revistas especializadas. Los defensores del programa EPOR asumen posiciones epistemológicas relativistas y plantean sus dudas sobre algunos métodos clásicos, como la experimentación y la inducción. El programa EPOR no sólo se ha limitado al estudio de la ciencia: buena parte de sus investigaciones han versado sobre las innovaciones tecnológicas, subrayando la existencia de múltiples alternativas en cada proceso de evaluación de una innovación²⁹. Asimismo se han dedicado al estudio de lo que Collins llamó "ciencias extraordinarias" (por oposición a las nociones kuhnianas de ciencia normal y de ciencia revolucionaria), como la parapsicología, en la medida en que los principios de imparcialidad y simetría son más fácilmente aplicables en estos casos para la investigación sociológica³⁰.

En relación al *Programa Fuerte*, Collins aceptó dos de sus principios (imparcialidad y simetría), pero se opuso a los otros dos (causalidad y reflexividad). Las posturas relativistas en las que unos y otros coinciden no deben de ser únicamente epistemológicas, según Collins: de ellas debe derivarse una metodología que permita desarrollar los estudios sociológicos sobre la ciencia (por ejemplo, centrándose en las controversias científicas), evitando siempre lo que él denominó explicaciones tipo TRASP".

Desde el punto de vista ontológico, los defensores del EPOR suelen afirmar que, puesto que las controversias científicas se cierran en base a argumentos retóricos, y dependen en último término del poder respectivo de los grupos rivales, la ciencia oficial es una construcción social. Puesto que son los científicos quienes determinan nuestra imagen del mundo, hay que concluir que también la realidad natural es una construcción social. Contra este tipo de posturas ontológicas, bastante frecuentes entre los sociólogos de la ciencia, se ha solido oponer el "argumento *tu quoque*":

"si las descripciones científicas de la realidad no son representaciones objetivas de la realidad, sino, más bien, construcciones sociales, ¿qué decir acerca de las descripciones sociológicas de la ciencia como una construcción social?" (S. Fuchs, 1992, p. 154).

^M La obra clásica al respecto es la de W.E. Bijker, T.P. Hughes y T. Pinch, *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge, MIT Press, 1987.

¹⁰ Ver H.M. Collins y T. Pinch, *Frames of Meaning: The Social Construction of Extraordinary Science*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1982.

"Es decir, las explicaciones del conocimiento científico en base a la verdad (Truth), la racionalidad (Rationality), el éxito (Success) y el Progreso (Progress), que han sido las características de los filósofos de la ciencia. Véase H.M. Collins, "What is TRASP? The radical programme as a methodological imperative", *Philosophy of Social Sciences* 11 (1981), pp. 215-224.

Tal y como ha señalado el propio Woolgar (1982, p. 481), no es fácil conjugar el relativismo y el empirismo que caracterizan a la sociología del conocimiento en sus diversas variantes, sobre todo si se añade el principio de reflexividad: si los sociólogos de la ciencia se manifiestan como relativistas (epistemológicos u ontológicos), han de aplicarse sus mismos criterios a la noción de sociedad (y no sólo de naturaleza), así como a sus propias investigaciones sociológicas, cuya objetividad no queda garantizada. Collins ha respondido a este tipo de argumentaciones afirmando un "relativismo especial", según el cual la noción de sociedad no resulta problemática, aunque sí la de naturaleza:

"Mi consejo es tratar el mundo social como real y como algo acerca de lo cual podemos tener datos seguros, mientras que debemos tratar el mundo natural como algo problemático, una construcción social más que real" (Collins, 1981, p. 216)".

Como puede verse, los principios en los que se basa el programa fuerte están a su vez sujetos a debate, pues pueden llegar a poner en cuestión a la propia sociología de la ciencia, en la medida en que ésta asuma posturas relativistas.

1.3.4. Estudios sobre ciencia y género"

Los estudios sobre ciencia y género (*Women's Studies*) tienen su origen en los EEUU de Norteamérica y se inician en los años 60. En Europa, se desarrollaron a partir de los años 80. Cabe inscribirlos en el marco general de los estudios sociales sobre la ciencia, en la medida en que, por una parte, investigan una profunda anomalía social en la práctica científica (la escasa presencia de la mujer) y, por otra parte, ponen en cuestión valores epistémicos, como la neutralidad y la objetividad, que eran considerados como postulados básicos por la concepción heredada en filosofía de la ciencia, así como por muchos científicos. Los *Women's Studies* confluyen con otras corrientes que se ocupan de la *crítica de la ciencia*TM, desvelando aspectos de la actividad científica que habían quedado en la penumbra, si no en la oscuridad completa, en los estudios sobre la ciencia. En este apartado nos limitaremos a proporcionar unas orientaciones básicas sobre las principales líneas de trabajo en el tema de ciencia y género.

" Véase un comentario de estas posturas en E. Lamo, J.M. González y C. Torres (1994), pp. 138-142.

¹¹ Agradezco a las profesoras Amparo Gómez, Marisol de Mora, Eulalia Pérez Sedeño y Ana Sánchez, y en particular a esta última, las orientaciones y los materiales que me han proporcionado para la redacción de este apartado.

¹⁴ Véase al respecto J. Echeverría (1989), cap. 7.

Una primera idea clave en los estudios de género estriba en llamar la atención sobre la "carga sexista" que poseen algunos aspectos relevantes de la investigación científica. Ello se muestra en particular en las dicotomías científicas (y metacientíficas), en las metáforas que se utilizan para hacer avanzar la investigación y en la propia noción de objetividad científica. Al existir la dicotomía masculino/femenino, surgen una serie de dualidades asociadas a ella, que tienen profunda incidencia en teoría de la ciencia³⁵. Lo masculino ha solido estar vinculado a lo universal, a la cultura, a la objetividad, a la racionalidad y a lo público, mientras que lo femenino ha estado asociado a lo particular, a la naturaleza, a la subjetividad, a lo irracional y a lo privado. Las investigadoras (e investigadores) que se han especializado en el tema de ciencia y género han estudiado esas dicotomías y su influencia en las teorías y en la actividad científica desde diversos puntos de vista: la biología, la sociología, la psicología, la antropología, la filosofía y la historia de la ciencia.

Una segunda idea básica es el estudio de las metáforas utilizadas por los científicos a la hora de construir y de exponer sus teorías. El uso de las metáforas implica un contexto previo de ideas y creencias, el cual suele estar sesgado desde el punto de vista del género, dado el tradicional androcentrismo. Partiendo del modelo interactivo de Mary Hesse, en el que se insistía en la función heurística de las metáforas, Sandra Harding ha afirmado que los modelos sexistas de las metáforas distorsionan la investigación ulterior, tanto porque inciden en los métodos de indagación que se prefieren como porque priman unos modelos explicativos sobre otros posibles³⁶.

En cuanto a la distinción subjetividad/objetividad, y teniendo en cuenta que tradicionalmente la mujer ha sido considerada como un objeto, E.F. Keller ha defendido la conveniencia de una objetividad dinámica, basada en un proceso interactivo entre objeto y sujeto, frente a la separación rígida entre los dos polos de la relación cognoscitiva". Coherentemente con estas posturas, muchas filósofas feministas han aproximado sus concepciones a la epistemología naturalizada de Quine, en la cual esa interac-

³⁵ Véase E. F. Keller, *Reflexiones sobre Género y Ciencia*, Valencia, Ed. Alfons el Magnanim, 1991, p. 16. El punto que es criticado especialmente en esta obra es la creencia en la vinculación entre lo científico y lo objetivo con lo masculino.

³⁶ Véase S. Harding, *The Science Question in Feminism*, Milton Keynes, Open Univ. Press, 1986 y *Whose Science? Whose Knowledge? Thinking from Women's Lives*, Buckingham, Open Univ. Press, 1991.

"E.F. Keller, *o. o.*, caps. 4 y 9.

ción entre los científicos y la naturaleza tiene un marco concreto de pensamiento.

Un cuarto punto que conviene destacar en los estudios sobre ciencia y género es la atención que prestan a la cuestión de la ciencia y los valores³⁸. En su libro de 1990, Longino afirma resueltamente que:

"Mis objetivos consisten en mostrar cómo los valores sociales y culturales desempeñan un papel en la indagación científica" (Longino, 1990, p. 37),

y por ello emprende un programa de *sociologización del conocimiento científico* (*Ibid.*, p. 62)^w, que constituye una propuesta de gran interés, e incluso una alternativa a la naturalización quineana de la epistemología. Tras distinguir entre dos tipos de objetividad científica, la de los datos y la de los propios científicos, se ocupa con mayor detalle de esta segunda modalidad de objetividad y de sus valores subyacentes. Además de los valores institucionales de los que habló Merton⁴⁰ y de los que determinan la elección de una u otra política científica, Longino menciona un tercer tipo de conflicto entre la investigación científica y los valores, que puede surgir en la misma tarea de experimentación: alude a los experimentos que tienen como objeto a personas, así como a las investigaciones que pueden ser peligrosas para el público en general. Los valores no sólo influyen en la práctica científica positivamente: también pueden marcarle límites. En general, los valores y la ciencia interactúan al menos en cinco puntos: la praxis misma, las cuestiones planteadas, los datos, las asunciones específicas y las asunciones globales (*Ibid.*, pp. 85-6). Diversos ejemplos apoyan estas tesis. Lo que en un principio eran puros valores contextuales (externos) para la actividad científica pueden llegar a convertirse en valores constitutivos (internos). Esto es lo que sucede en el caso de los valores sesgados por motivos de género, como Longino muestra a partir de los estudios biológicos de las diferencias entre sexos en lo que se refiere al comportamiento, los temperamentos y la cognición (*Ibid.*, cap. 6).

Su propuesta final apunta a una racionalidad científica interactiva que garantice la objetividad científica, para lo cual habría que satisfacer al menos estos cuatro requisitos (*Ibid.*, pp. 76—79):

1. Existencia de ámbitos públicos para la crítica.

^w Entre las diversas autoras que conviene mencionar al respecto, destacan L.H. Nelson, (*Who Knows: from Quine to a Feminist Empiricism*, Philadelphia, Temple Univ. Press, 1990) y H.E. Longino (*Science as Social Knowledge. Values and Objectivity in Scientific Inquiry*, Princeton, Princeton Univ. Press, 1990).

" Véanse al respecto los capítulos 4 y 5 de la obra de Longino.

⁴⁰ Ver apartado 1112.

2. Criterios públicos y compartidos para la evaluación de hipótesis, teorías y prácticas experimentales.

3. Receptividad de las comunidades científicas respecto al discurso crítico.

4. Igualdad en la autoridad intelectual, punto éste que Longino retoma de Habermas.

Considerados en su globalidad, los diversos programas de investigación sobre Ciencia y Género, que mantienen a veces posturas opuestas entre sí, están abriendo un nuevo campo en el ámbito de los estudios sobre la ciencia. Por el momento, sus mayores aportaciones se han producido en ciencias sociales y en biología. Pero al igual que ha sucedido en el caso de la sociología del conocimiento científico, se han iniciado investigaciones orientadas a las "ciencias duras", a pesar de que esta misma denominación está sesgada desde el punto de vista del género, y puede ser considerada como una nueva dicotomía androcéntrica.

14. HACKING: LA CIENCIA COMO TRANSFORMACIÓN DEL MUNDO

Tras los dos primeros apartados sobre la crisis de la filosofía positivista de la ciencia y sobre Kuhn, y tras el tercer apartado sobre la sociología del conocimiento científico, podría pensarse que, a continuación, deberíamos de ocuparnos de las diversas corrientes que han surgido en filosofía de la ciencia a partir de los años 70. No será así. Para terminar con este capítulo sobre las nuevas corrientes en filosofía de la ciencia nos centraremos ahora únicamente en la obra de Ian Hacking, *Representing and Intervening*, publicada en 1983, antes de pasar a exponer nuestras propias propuestas.

¿Cómo justificar esta opción, que parece dejar de lado numerosas aportaciones de indudable interés? Cabe mencionar tres razones.

En primer lugar, como se advirtió en el *Prólogo*, esta obra orienta la Filosofía de la Ciencia hacia una Axiología de la Ciencia, que por lo general suele ser minusvalorada por los filósofos que escriben obras sobre Epistemología o Metodología. De todas las aportaciones que ha habido en el último cuarto de siglo son pocas las que tienen auténtica relevancia para este tema.

En segundo lugar, algunos de los autores que sí han afrontado las cuestiones axiológicas vinculadas a la actividad científica serán comentados en los capítulos siguientes.

El tercer motivo es el principal, y puede ser resumido en palabras del propio Hacking:

"los filósofos de la ciencia debaten constantemente sobre las teorías y las representaciones de la realidad, pero no dicen casi nada sobre la experimentación, sobre la tecnología o sobre el uso del conocimiento para alterar el mundo" (Ibid., p. 149).

Así comienza Hacking la segunda parte de su libro, dedicada al estudio del concepto *intervenir*. En el *Prefacio*, había anunciado que el libro tenía dos partes, pero había aconsejado a sus lectores empezar por la segunda (Ibid., p. XV). Y en la *Introducción* había explicado por qué. Veámoslo con detalle, aunque para ello tengamos que recurrir a una cita extensa:

"Durante largo tiempo, los filósofos han convertido a la ciencia en una momia. Cuando desembalsamaron el cadáver y vieron los restos de un proceso histórico en el que habían prevalecido el descubrimiento y el devenir, decretaron entonces, para sí mismos, que la racionalidad estaba en crisis. Esto sucedió al comienzo de los años 60 (*alusión a la obra de Kuhn*).

Se trataba de una crisis porque se venía abajo la vieja concepción del saber científico como coronación de la razón. Los escépticos siempre habían contestado la imagen complaciente de un conocimiento humano que progresa por acumulación, pero ahora eran los detalles mismos de la historia los que les proveían de municiones. Tras examinar algunos de los incidentes sórdidos de la investigación científica en el pasado, algunos filósofos comenzaron a preguntarse con inquietud si la razón jugaba verdaderamente un papel importante en la confrontación intelectual. ¿Decide la razón si tal teoría tiende hacia la verdad o si tal investigación debe proseguirse? Cada vez resultaba menos claro que la razón *debiera* de estar en el origen de esas decisiones. Unos pocos, probablemente aquellos que ya sostenían que la moral está ligada a la cultura, y que por tanto es relativa, sugirieron que la "verdad científica" es un producto social que no puede pretender tener una validez, y ni siquiera una pertinencia absolutas.

Tras esta crisis de confianza, la racionalidad ha sido uno de los temas que obsesionan a los filósofos de las ciencias. Nos preguntamos: ¿qué sabemos verdaderamente?, ¿qué deberíamos creer?, ¿qué es la evidencia?, ¿qué es una presunción?, ¿es tan racional la ciencia como se cree?, ¿no serán esos debates sobre la razón pantallas de humo tendidas por los tecnócratas? Ese tipo de cuestiones acerca del raciocinio y de la creencia incumben tradicionalmente a la lógica y a la epistemología. Pues bien, esas cuestiones no son objeto del presente libro.

El segundo tema mayor es el realismo científico. Nos preguntamos: ¿qué es el mundo?, ¿qué clases de cosas contiene?, ¿qué puede decirse de esas cosas que sea verdadero?, ¿qué es la verdad?, ¿son reales las entidades postuladas por la física teórica, o no son más que construcciones mentales destinadas a poner orden en nuestros experimentos? Todas esas cuestiones conciernen a la realidad. Son metafísicas. Me servirán para organizar los temas introductorios a la filosofía de la ciencia que son el objeto de este libro",

y un poco más adelante concluía:

"Esas cuestiones, ¿importan de verdad? Lo dudo. Ciertamente, queremos saber lo que realmente es real y lo que verdaderamente es racional. Se podrá constatar, no obstante, que rehusó hablar de las cuestiones sobre la racionalidad y que sólo soy realista por las razones más pragmáticas" (Ibid., pp. 1-2).

Prácticamente la totalidad de estas frases de Hacking son suscritas por el autor del presente libro, y por eso han sido traducidas *in extenso*. Por otra parte, dan razón de por qué prescindiremos en este capítulo de buena parte de los debates y de las posturas mantenidas recientemente por los filósofos de la ciencia. Adentrarnos por los meandros de las sofisticadas discusiones sobre el realismo científico nos alejaría por completo de nuestro objetivo. Por otra parte, en la bibliografía general los lectores podrán encontrar un amplio listado de referencias que podrán colmar las lagunas que aquí dejamos, al centrarnos exclusivamente en la obra de Hacking, y a lo sumo en algunos de sus comentaristas⁴¹.

Hechas estas precisiones previas, volvamos al punto en donde estábamos: se trata de estudiar el saber científico en tanto transformador del mundo. Para ello, Hacking propone volver a dos autores clásicos: Bacon y Leibniz. Ambos, en efecto, estaban sobremanera interesados en la experimentación, en las invenciones técnicas y en el saber científico como factor de transformación del mundo. Esto puede ser un lugar común con respecto a Bacon; pero en cambio, a Leibniz se le suele considerar como un filósofo interesado sobre todo en la teoría. Para mostrar que esa imagen tópica es falsa, nos limitaremos a aportar un texto suyo, que coincide plenamente con las ideas de Bacon en pro de la ciencia como un *Ars Inveniendi*:

"No existe arte mecánico tan pequeño ni tan despreciable que no pueda aportar consideraciones y observaciones notables, y todas las profesiones cuentan en su haber con determinadas habilidades plenas de ingenio, de las que no es fácil apercibirse, y que sin embargo podrían servir para logros mucho más importantes. Cabe añadir además que, en el ámbito de la manufactura y del comercio, las materias principales sólo pueden estar bien reguladas mediante una descripción exacta de cuanto tiene que ver con artes muy diversas, y que los asuntos militares, o financieros, o marítimos dependen de las matemáticas y de la física aplicada en gran medida. En esto estriba el defecto principal de muchos sabios (*léase filósofos*), que sólo se complacen en discursos vagos y trillados, habiendo un campo tan amplio en donde poner a prueba su ingenio como el que hay en temas concretos y reales que pueden aportar beneficios a todo el mundo"⁴².

Según Hacking, no hay una única metodología de la ciencia, ni la inductiva ni la deductiva. Así como hay teorías que generan nuevos hechos

⁴¹ Otro filósofo de la ciencia que ha afirmado, comentando a Kuhn, que "la ciencia no es primariamente un modo de representar y de observar el mundo, sino un modo (o modos) de manipularlo y de intervenir en él. Los científicos son practicadores (practitioners) más bien que observadores" es Joseph Rouse (*Knowledge and Power. Toutard a politiaú Philosophy of Science*, Ithaca & London, Cornell Univ. Press, 1987, p. 38).

⁴² G.W. Leibniz, *Philosophische Schriften*, Hildesheim, Olms, 1960-61, vol. VII, pp. 181-2.

y nuevos experimentos, también hay experimentos e invenciones técnicas que generan nuevos fenómenos y nuevas teorías científicas. Para él, los científicos que se dedican a observar y a experimentar, pocas veces lo hacen para tratar de verificar (o falsar) teorías, ni tampoco para construir teorías a partir de esas observaciones y experimentos: no son inductivistas ni hipotético-deductivistas.

"El trabajo del experimentador, y la prueba de su ingenio, e incluso de su grandeza, consiste menos en observar o hacer un informe cuanto en dotarse del equipamiento que le permita producir el fenómeno querido de una manera fiable" (Hacking, *o.c.*, p. 167).

Hay científicos que son buenos observadores (o experimentadores) y otros que lo hacen mal. Ser competente en una tarea científica no implica serlo en todas. La filosofía de la ciencia ha dado lugar a reflexiones que, salvo raras excepciones, han estado sesgadas en pro de los teóricos y en detrimento de los experimentadores (o "practicadores")- Dado que, como subraya Hacking, prácticamente no hay observación científica actual que no recurra a instrumentos, para saber observar o experimentar hay que saber manejar bien una serie de artefactos científicos. Y otro tanto cabría decir a la hora de efectuar mediciones, sin las cuales no hay predicción, verificación ni falsación que valga. A las labores de teorización de los científicos experimentales les subyacen siempre unas tareas prácticas que han sido minusvaloradas por la mayoría de los filósofos de la ciencia en el siglo XX, pero que resulta imprescindible analizar. Para empezar esta tarea, Hacking propone una primera tesis que tiene múltiples consecuencias filosóficas:

"experimentar no es enunciar o informar, sino hacer, y hacer con algo distinto que palabras" (Ibid., p. 173).

Podríamos decir que las tesis de Hacking sobre la observación y la experimentación tienden a subrayar que, además de estar *cargadas de teoría* (aunque en algunos momentos matiza la tesis de Hanson), sobre todo están *cargadas de práctica*: y de una práctica competente. De hecho, su oposición al reduccionismo lingüístico en filosofía de la ciencia es total:

"la tendencia a remplazar las observaciones por entidades lingüísticas (frases sobre la observación) persiste en toda la filosofía contemporánea" (Ibid., p. 180)⁴¹.

Lo que él propugna es invertir esa tendencia, de manera que los filósofos de la ciencia estudien más la observación científica (o la experimentación) en tanto acciones, y menos los enunciados observacionales (o experimentales).

⁴¹ A continuación menciona a Quine como uno de los principales defensores de las posturas que critica.

Con el fin de desarrollar ese programa, Hacking analiza múltiples ejemplos extraídos de la física. Entre ellos, destaca su estudio sobre los microscopios. Aparentemente miramos, vemos, y en función de eso observamos en un microscopio. Hacking muestra que no es así. No sólo hay que aprender a mirar por un microscopio. Lo esencial de la argumentación de Hacking consiste, podríamos decir, en que los microscopios más desarrollados nos ofrecen simulaciones artificialmente construidas de los objetos que investigamos, y no imágenes "naturales" de esos objetos. Dichas simulaciones están posibilitadas por los aparatos, y a éstos les subyacen a su vez múltiples intervenciones previas de los inventores y los técnicos que los han construido.

En este sentido, hay buenos microscopios y malos microscopios. Antes de poder "mirar" ha habido que realizar un amplio trabajo en el que las teorías, aunque tienen un papel, suelen ser secundarias con respecto a las técnicas. Hacking pone como ejemplo a Abbe (*Ibid.*, pp. 194-197), quien mantuvo desde 1873 la teoría de que la imagen de un objeto en un microscopio se produce mediante la interferencia de las ondas luminosas emitidas por la fuente principal y por las imágenes secundarias de la fuente luminosa, resultantes de la difracción, que a su vez depende del carácter ondulatorio de la luz. Se trata de una teoría sobre un fenómeno: cómo se produce una imagen en un aparato de observación. Aceptar la propuesta de Abbe traía consigo numerosas consecuencias prácticas, pero sobre todo una nueva concepción de la observación microscópica: no hay, ni puede haber, comparación entre las visiones microscópicas y macroscópicas. Por el mero hecho de utilizar un microscopio, no podemos seguir pensando en esa visión por analogía con la visión normal del ojo o con un aparato fotográfico:

"Después de Abbe, incluso el microscopio óptico convencional es, en lo esencial, un sintetizador de Fourier de difracciones de primer o incluso de segundo orden" (*Ibid.*, p. 197)⁴⁴.

Hacking estudia a continuación otros tipos de microscopios, y en concreto aquellos que se han usado en física y en biología celular a partir de la segunda Guerra Mundial: el microscopio con polarizador supone una nueva revolución técnico-conceptual, como a su vez el microscopio por fluorescencia, el microscopio de contraste de fase, el de interferencia de contraste, el microscopio acústico y otros muchos tipos de microscopios que él menciona, como el de rayos X, posible teóricamente desde hace años, pero

pendiente de la resolución de determinadas cuestiones tecnológicas (*Ibid.*, pp. 197-208). La operación de ver por un microscopio resulta cada vez más compleja en esos sucesivos aparatos, y ello no tanto desde el punto de vista teórico (las teorías subyacentes suelen ser elementales), sino desde el punto de vista técnico. Hacking concluye que no son los avances teóricos lo determinante en el avance de la observación microscópica, sino precisamente el hacer de los inventores y el intervenir de los técnicos. Desde un punto de vista filosófico, sin embargo, la existencia de tan diversos artefactos proporciona el argumento más sólido en favor del realismo de Hacking, su argumento pragmático, a saber: en dos (o más) micrografías, como la fluorescente y la electrónica, construidas en base a teorías y técnicas heterogéneas, la estructura general del objeto estudiado (en el ejemplo de Hacking, la célula) son exactamente idénticas.

La estricta coincidencia entre dos representaciones científicas artificialmente construidas (y totalmente heterogéneas por sus procedimientos de construcción) resulta ser, para Hacking, no sólo un criterio seguro para aceptar que las imágenes con las que los científicos trabajan son verdaderas, sino también para sustentar sus tesis realistas en base a esa intercorrespondencia múltiple entre representaciones⁴⁵. Cabría decir que hay representaciones científicas veraces y representaciones científicas engañosas, o mendaces.

Habría muchas cosas a comentar en este estudio de Hacking sobre la microscopía y sobre la observación científica, pero baste señalar que la intercorrespondencia entre representaciones científicas tecnológicamente (y heterogéneamente) generadas es previa a toda formulación enunciativa o lingüística de los hechos, en el sentido de que la eventual verdad (o falsedad) de los enunciados observacionales tiene como prerrequisito esa coincidencia entre representaciones.

Hacking no insiste excesivamente en este punto, porque su objetivo es otro. Lo que él trata de mostrar es que las observaciones científicas (en física, en biología) están mucho más cargadas de técnica y de intervenciones humanas previas que de teoría. Seguir insistiendo en la contraposición entre observación y teoría le parece improcedente para una filosofía de la ciencia que de verdad quiera aludir a la ciencia, y no a una idealización *ad hoc* de la misma.

⁴⁴ Hacking basa su estudio en la obra de S. Bradbury, *The Microscope, Past and Present*, Oxford Oxford Univ. Press, 1968

⁴⁵ Para una concepción similar de la verdad científica, aunque usando la denominación de 'sistemas de signos' en lugar de 'representaciones', véase J. Echeverría, *Análisis de la Identidad*, Barcelona, Barcanova, 1987..

A diferencia de los sociólogos de la ciencia, Hacking no se interesa por los debates y los procesos de consenso que pudieran tener lugar entre los técnicos y los inventores a la hora de construir esos artefactos. Para él lo importante es que la práctica (hacer, intervenir) es previa a la observación y a la experimentación; a su vez, esas acciones científicas son previas a las proposiciones que las expresan: los enunciados observacionales. Hacking se opone al giro lingüístico que Rorty diagnosticó en la filosofía analítica⁴⁶ y por eso concede más importancia a los instrumentos científicos, en donde se materializan los saberes teóricos y prácticos de los científicos, que a los debates y a la retórica que éstos puedan utilizar posteriormente. Su perspectiva de estudio es propiamente filosófica, si bien nada tiene que ver con las posturas usuales en la filosofía de la ciencia del siglo XX. Parte de tesis materialistas y ve en los instrumentos y artefactos científicos, así como en su construcción y en su uso, el campo más importante para la reflexión filosófica.

A la hora de exponer sus propias concepciones generales, Hacking retoma la propuesta baconiana de dos facultades, una racional y otra experimental y divide la primera en dos: especulación y cálculo.

"El hecho notable a propósito de la nueva física es que ha creado un nuevo artefacto, humano y colectivo, dando libre curso a tres intereses humanos fundamentales, la especulación, el cálculo y el experimento" (Hacking, *o.c.*, p. 248).

La teoría por sí sola es insuficiente, como también lo es la experimentación. Sólo en la medida en que aparezca una tercera componente en la actividad científica (el cálculo, o como también dice en otro pasaje, los modelos matemáticos), la ciencia puede revelarse fecunda. Para Hacking, como para Bacon y Leibniz, lo esencial no es la verdad científica, sino la capacidad innovadora de la ciencia. Dicha capacidad no sólo tiene que ver con las teorías, los hechos, los conceptos, las leyes, los métodos de cálculo o los artefactos científicos. Según Hacking, el objetivo principal de las ciencias físicas es la producción de nuevos fenómenos:

"El trabajo experimental proporciona la evidencia más fuerte en favor del realismo científico. Pero ello no es porque nos permite verificar hipótesis relativas a entidades. Sino más bien porque entidades que, en principio, no pueden ser "observadas" son manipuladas usualmente para producir nuevos fenómenos y estudiar nuevos aspectos de la naturaleza. Esas entidades son herramientas, instrumentos, pero no para pensar, sino para hacer" (*Ibid.*, p. 262).

La filosofía de la ciencia de Hacking, como puede verse, responde plenamente al ideal baconiano de una ciencia que, siendo a la vez especula-

tiva y experimental, es capaz de pasar por las mediaciones de los instrumentos (matemáticos, observacionales, de medida, etc.) y gracias a ellos es capaz de intervenir en la naturaleza, produciendo nuevos fenómenos que nos permitan conocerla mejor, por una parte, pero sobre todo transformarla. Algunas de estas concepciones reaparecerán a lo largo de la presente obra, sin necesidad de que vayamos a aceptar (pero tampoco a rechazar) sus tesis ontológicas realistas, que están basadas en la praxis científica y en la intercorrespondencia de resultados artificialmente generados como argumento principal en favor del realismo.

15. PUNTOS CRÍTICOS EN EL DEBATE ACTUAL SOBRE LA CIENCIA

Tras este panorama, necesariamente incompleto, de las recientes corrientes en los estudios sobre la ciencia, estamos en condiciones de ir perfilando los problemas y las opciones que se consideran prioritariamente en los capítulos siguientes. La evolución de la filosofía de la ciencia a lo largo del siglo XX hizo entrar en crisis las tesis de la concepción heredada; por otra parte, la nueva historiografía de la ciencia (a partir de Kuhn) y la nueva sociología de la ciencia (a partir del programa fuerte) han puesto de manifiesto una serie de puntos críticos en los estudios actuales sobre la ciencia. Entre los varios que podrían ser comentados, cabe mencionar los siguientes:

1. El cambio principal afecta al propio concepto de *teoría científica*, e incluso de *conocimiento científico*. Para Popper,

"las ciencias empíricas son sistemas de teorías; y la lógica del conocimiento científico, por tanto, puede describirse como una teoría de teorías" (Popper, 1962, p. 57).

Ello implica que, para el análisis epistemológico, las teorías son las unidades fundamentales del conocimiento científico, y que cada ciencia se articula en una sucesión o red de teorías; o si se prefiere como una red de *elementos teóricos*, por decirlo en los términos del programa estructural⁴⁷. Pues bien, los estudios sobre la ciencia post-kuhnianos subrayan aspectos de la ciencia bastante diferentes de los puramente teóricos, que pueden ser resumidos de la manera siguiente: además de conocimiento, la ciencia es un conjunto de *actividades* (o intervenciones en el mundo), cuyos objetivos no se circunscriben a la búsqueda de la verdad o a un mejor conocimiento del mundo o de la realidad.

⁴⁷ Para las nociones de elemento teórico y red teórica, véase CU. Moulines, *Exploraciones Metacientíficas*, Madrid, Alianza, 1982, pp. 108-116.

* Véase R. Rorty, *El giro lingüístico*, Barcelona, Paidós, 1990.

Muchos autores recientes mantienen este tipo de tesis. Barnes, por ejemplo, afirma taxativamente que "la ciencia es algo más que pensamiento e ideas; en esencia, es una actividad" (Barnes, 1987, p. 8). Por nuestra parte, diremos algo más a lo largo de esta obra: para bien o para mal, *la ciencia, y sobre todo la tecnociencia, es una acción modificadora y transformadora de la "realidad" o del "mundo"*, sean éstos lo que sean. El conocimiento científico no es más que una parte de la acción tecnocientífica. Tratamos de conocer *para* modificar e incluso para transformar radicalmente aquello que conocemos.

2. La reflexión y los estudios sobre la ciencia han de conducir, de acuerdo con la concepción positivista, a una Teoría de la Ciencia, o si se prefiere a una *Metateoría*. El filósofo de la ciencia habría de preocuparse de estudiar las teorías científicas tal y como éstas le vienen dadas por aquellos seres humanos que las han elaborado (los científicos): las grandes obras científicas (*Elementos de Geometría* de Euclides, *Principia Mathematica* de Newton, *Traite de Chymie* de Lavoisier, etc.) y los libros de texto serían los referentes principales para los filósofos de la ciencia, cuyo estudio habría de ser completado con la consulta de algunas revistas científicas especializadas en donde los hombres de ciencia pueden haber publicado las exposiciones canónicas de sus teorías o de sus métodos. La filosofía analítica de la ciencia es una actividad *metateórica*, cuyo objeto principal estriba en analizar y reconstruir las teorías de los científicos, así como las consecuencias y el conocimiento empírico que se deriva de ellas.

Frente a esta *Metaciencia* de inspiración analítica, en los últimos veinticinco años han ido surgiendo estudios muy diferentes sobre la ciencia. Se ha prestado una atención creciente, por ejemplo:

- a la práctica efectiva de los científicos y a la racionalidad de sus elecciones y decisiones;
- a la función desempeñada por las instituciones científicas en la recepción y promoción de las nuevas teorías y descubrimientos;
- a la investigación en los laboratorios y a los procesos de consenso entre los investigadores a la hora de experimentar y de seleccionar los hechos y los términos con los que aludir a esos hechos;
- a la influencia de los aparatos experimentales y de medición, así como a la elaboración de diversas representaciones científicas para los conceptos y teorías científicas;
- a la recepción que hacen las comunidades científicas de los nuevos hechos y teorías científicas;
- a las polémicas y a los debates entre científicos e instituciones que defendían propuestas o teorías alternativas;

- al problema de la inconmensurabilidad entre paradigmas rivales, suscitado por las obras de Kuhn y Feyerabend, con el consiguiente debate sobre el relativismo científico;
- a la cuestión del progreso científico, y en general a los objetivos de la ciencia;
- al estudio de las interrelaciones entre ciencia y tecnología, y en concreto a las aplicaciones de la ciencia;
- al impacto de la tecnociencia sobre la sociedad y sobre el entorno;
- a la incidencia de la política científica, tanto pública como privada, sobre la actividad científica.

Por todo ello, afirmaremos a lo largo de esta obra que *la filosofía de la ciencia ha dejado de ser únicamente una filosofía pura (o filosofía del conocimiento científico) para pasar a ser, además, una filosofía práctica*, en el sentido de una *filosofía de la actividad científica*.

O como dicen muchos autores: hay que estudiar la ciencia en su contexto, que siempre es social. La ciencia actual es una forma de cultura de alta pregnancia en la sociedad, que a su vez está profundamente influida por ésta. Por consiguiente, los aspectos teóricos y metateóricos de la ciencia no son los únicos, ni acaso tampoco los fundamentales para la filosofía de la ciencia, contrariamente a los postulados de la concepción heredada en filosofía de la ciencia.

3. La ciencia ha dejado de ser considerada como una forma autónoma de saber y se han estudiado cada vez más sus interrelaciones con otras actividades sociales. El positivismo lógico estableció la distinción entre *relaciones internas* y *externas* en el conocimiento científico. Para Reichenbach,

"la epistemología está interesada sólo en las relaciones internas, mientras que la sociología, aunque puede considerar parcialmente relaciones internas, siempre las mezcla con relaciones externas ... Podemos entonces decir que a la tarea descriptiva de la epistemología le interesa la estructura interna del conocimiento y no las características externas que se le presentan a un observador que no toma en consideración su contenido" (Reichenbach, 1938, p. 3 y siguientes).

Esta distinción fue retomada por Lakatos para los estudios de historia de la ciencia, distinguiendo entre la *historia interna* y la *historia externa*. Para él,

"la reconstrucción racional o historia interna es primaria, la historia externa sólo es secundaria, ya que los problemas más importantes de la historia externa son definidos por la historia interna"⁴⁸.

*" I. Lakatos, *Historia de la ciencia*, Madrid, Tecnos, 1982, p. 39. Una afirmación muy similar puede leerse en la obra de Larry Laudan, *Ej progreso y sus problemas*, (1977), p.208: "la historia social o externa de la ciencia está subordinada a la historia intelectual, interna, de la ciencia".

Los sociólogos de la ciencia se han opuesto a este tipo de tesis y han subrayado la importancia de los factores externos en el desarrollo del conocimiento científico. Barnes, por ejemplo, atacó fuertemente esta postura de Lakatos, insistiendo en la importancia de los factores sociales para explicar el conocimiento científico. Para ellos, la ciencia siempre debe ser estudiada en su contexto social, y además mediante métodos sociológicos. Barnes y Edge afirmaron que, si de estudiar el contexto de la ciencia se trata, hay que remitirse a la propia sociedad, y en general a la cultura:

"lo que nos ocupa en primer lugar es la relación entre la ciencia y la cultura en general" (Barnes y Edge, 1982, p. 5);

"considerada como una entidad empírica, que es como los sociólogos han de considerarla, la ciencia es una subcultura, o un conjunto de subculturas" (*Ibid.*, p. 8).

Ello implica que, además de atender a las formulaciones lingüísticas del conocimiento científico, como hicieron los filósofos de inspiración analítica y positivista, hay que estudiar otros muchos aspectos de la actividad científica. La etnometodología y la antropología de la ciencia se ocupan de estudiar el comportamiento individual y grupal de los científicos, y para ello eligen los laboratorios y las sociedades científicas como los escenarios principales de investigación, así como la incidencia de la cultura científica sobre otras formas culturales. Hablando en términos generales, frente a las primeras escuelas de filosofía de la ciencia, que se centraron en los aspectos sintácticos de las teorías científicas, pero también frente a las concepciones semánticas más recientes (Suppes, Sneed, van Fraassen, Giere, Moulines, Balzer, etc.), los programas de *Social Science Studies* focalizan su atención en los aspectos externos y pragmáticos de la ciencia, más que en los sintácticos o en los semánticos. En la presente obra trataremos de mostrar que la ciencia conlleva otras muchas actividades e interacciones sociales, aparte de las consideradas por los sociólogos de la ciencia: desde la enseñanza de las teorías y de las técnicas de investigación hasta la innovación tecnológica, pasando por la construcción de representaciones científicas diversas e interconectadas y por la evaluación de todas y cada una de las fases de la actividad científica.

4. Han entrado en crisis dos de los grandes postulados de la filosofía de la ciencia del segundo tercio de siglo: la búsqueda de un criterio de demarcación entre ciencia y no ciencia y la distinción que postuló Reichenbach entre el *contexto de descubrimiento* y el *contexto de justificación*. Consecuentemente, propondremos una distinción alternativa entre cuatro contextos de la actividad científica⁴⁹. Esta distinción, sin embar-

go, no tiene una intencionalidad demarcacionista. En lugar de acotar un contexto para la filosofía o para la epistemología de la ciencia (el de justificación), y otro para la historia, la sociología o la psicología de la ciencia, el de descubrimiento, como hicieron Reichenbach y los positivistas, aquí insistiremos en los vínculos y en las interacciones que esos cuatro contextos tienen entre sí. De esta manera propondremos un marco conceptual mucho más flexible, que nos permitirá reflexionar sobre la ciencia en toda su complejidad, huyendo de simplificaciones y de reduccionismos.

5. Uno de los problemas centrales de la filosofía analítica y positivista de la ciencia se basó en la dicotomía entre *teoría* y *observación*. Carnap y otros filósofos dedicaron muchos esfuerzos al intento de reducir los términos (o conceptos) teóricos a términos observacionales; mas Hanson, y el propio Popper, dejaron claro que

"la visión es una acción que lleva una 'carga teórica'. La observación de *x* está moldeada por un conocimiento previo de *x*. El lenguaje o las notaciones usadas para expresar lo que conocemos, y sin las cuales habría muy poco que pudiera reconocerse como conocimiento, ejercen también influencia sobre las observaciones" (Hanson, 1977, p. 99),

punto éste en el que insistió Kuhn, al introducir la tesis de la incommensurabilidad (teórica y observacional) entre paradigmas rivales. A partir de Kuhn, ha quedado claro que los procesos de cambio científico suelen ser mucho más complejos que lo que podía traslucirse en las concepciones acumulativas del progreso científico, bien sea las basadas en el aumento del grado de confirmabilidad (Carnap), o en el incremento del grado de falsabilidad (Popper), o en el logro de una mayor verosimilitud, entendida ésta como una aproximación progresiva a la verdad (Niiniluoto).

6. El análisis y la reconstrucción de las teorías científicas han estado marcados por la tentativa de reducirlas a *sistemas formales axiomatizados*. En el fondo, buena parte de la filosofía analítica de las ciencias empíricas representa una ampliación del programa que desarrollaron Hilbert y sus seguidores para el caso de la lógica y de las teorías matemáticas. Delimitando los vocabularios teórico y observacional de una teoría *T*, así como las reglas de correspondencia (que incluyen las técnicas de medición), las leyes fundamentales (que conllevan predicción y explicación) y el cálculo lógico subyacente al razonamiento de los científicos, habríamos analizado y reconstruido la estructura lógica de *T*. Ocurrió, sin embargo, que dicho programa sólo pudo ser llevado adelante en casos muy particulares, y no sólo por las dificultades para resolver la distinción teórico/obser-

⁴⁹* Véase el capítulo 2.

vacionaP⁰, sino incluso para lograr una axiomatización rigurosa de las teorías. La escuela de Stanford, dirigida por Suppes, llevó a cabo una ingente labor de axiomatización de las teorías empíricas; pero las dificultades fueron tan grandes que ellos mismos (Adams, McKinsey, etc.) tuvieron que renunciar a las técnicas de axiomatización lógico—formal de las teorías, proponiendo una nueva técnica, la axiomatización informal o conjuntista, que está a la base del programa estructuralista de Sneed y sus seguidores⁵¹. Dicho de otra manera: también por lo que respecta a la axiomatización de las teorías, la filosofía positivista de la ciencia se vio conducida a un punto crítico, e incluso a un *impasse*.

El programa estructural ha de ser considerado, al menos en este aspecto, como la continuación más consecuente de la filosofía positivista; pero, incluso en este caso, sólo se estudia la estructura lógica (y matemática) de las teorías. El dominio de aplicaciones propuestas (o intencionales) usado por los estructuralistas apenas si está estructurado: no se va más allá de la distinción de las aplicaciones paradigmáticas, conforme a la propuesta de Moulines de distinguir clases de clases en el conjunto \mathcal{A} (o A) de aplicaciones propuestas. En cuanto a los metaconceptos de comunidad científica CC y de intervalo histórico h , introducidos por Moulines en sus Exploraciones *Metacientíficas* para completar la estructura de las teorías (núcleo, dominio de aplicaciones, comunidad científica e intervalo histórico) quedan como puras propuestas formales, cuya estructura está por analizar y desarrollar". En su obra más reciente, *Pluralidad y recursión* (1992), Moulines intenta dar algún paso más a la hora de precisar el análisis de las dos nuevas componentes estructurales, CC y h ; pero esta primera propuesta de analizar y reconstruir los aspectos pragmáticos de las teorías resulta demasiado restringida:

"el criterio de identidad para generaciones científicas consiste, por consiguiente, en que ellas tienen una determinada actitud proposicional (en el sentido de la filosofía del lenguaje) con respecto a los elementos modeloteóricos" (Moulines, 1992, p. 284).

Dicha actitud proposicional se formula así:

G (la generación de científicos) intenta aplicar E (elemento teórico) a 1 ,

⁵⁰ Véanse al respecto la obra de Suppe (1979) así como la recopilación de artículos básicos realizada por Olivé y Pérez Ransanz (1989).

⁵¹ Véase P. Suppes, *Estudios de filosofía y metodología de la ciencia*, Madrid, Alianza, 1988, así como L. Henkin, P. Suppe y A. Tarski (eds.), *The axiomatic method*, Amsterdam, North Holland, 1959. La obra fundamental de la escuela de Stanford es la de P. Suppes, H. Krantz, R.D. Luce y A. Tversky, *Foundations of Measurement*, Nueva York, Academic Press, 1971.

⁵² Para un análisis más detallado de la concepción estructural, véase J. Echeverría, 1989, cap. 6

pero el análisis de esta actitud proposicional no va más allá de esta invocación genérica a la lógica epistémica. La axiomatización de las teorías científicas deja de ser efectiva a la hora de analizar las acciones de los científicos y sus finalidades, que conllevan otro tipo de componentes estructurales: desde la estructura sociológica (y de relaciones de poder) en CC hasta el impacto económico, tecnológico y social de las teorías.

7. La filosofía positivista de la ciencia se distinguió por su desinterés por los estudios históricos, sociológicos e incluso psicológicos sobre la ciencia. El fuerte desarrollo durante los últimos años de las vinculaciones entre la filosofía de la ciencia y la historia y sociología de la ciencia, por una parte, y las ciencias cognitivas, por la otra, es índice de que la lógica y la filosofía de la ciencia, por sí mismas, resultan insuficientes para llevar a cabo programas de investigación sobre la ciencia desde posiciones analíticas ortodoxas. Otro tanto cabe decir de la irrupción de la historia y la filosofía de la tecnología: las relaciones entre ciencia y tecnología fueron muy poco estudiadas por los filósofos analíticos clásicos. En resumen: el creciente interés por la *pragmática de la ciencia*, con toda la vaguedad y la pluralidad de aspectos que dicha denominación conlleva, muestra otra de las grandes limitaciones de la filosofía positivista y analítica de la ciencia.

8. La filosofía positivista de la ciencia tampoco se interesó nunca en los procesos de *elaboración de las teorías*, que incluyen la construcción de representaciones (e incluso de los *hechos científicos*"), los aspectos retóricos en la presentación de las teorías, la difusión de las mismas y, sobre todo, la implementación tecnológica de las teorías científicas. La escuela *constructivista* (Latour, Woolgar, Bastide, Knorr-Cetina, etc.) ha insistido en los años 80 en esta nueva insuficiencia de la filosofía analítica, afirmando taxativamente que

"la mayor parte de la realidad con la que trabajan los científicos está altamente preconstruida, si no es enteramente artificial" (Knorr-Cetina, 1981, p. 3).

Por consiguiente, los constructivistas consideran que el conocimiento científico es *fabricado*, no descubierto. Ese proceso de construcción implica decisiones, compromisos y negociaciones entre los propios científicos, por una parte, pero también entre la comunidad científica y los agentes sociales que interactúan con los científicos. Hay productores del conocimiento científico, pero también hay evaluadores del mismo (ibid., p. 7). Como ya había indicado Toulmin⁵⁴, la ciencia hace propuestas *innovadoras*, y entre

⁵¹ Al respecto la obra clásica es la de L. Fleck, *La génesis y el desarrollo de un hecho científico*, Madrid, Alianza, 1986. Véase más adelante el apartado V.2.

⁵⁴ St. Toulmin, *Human Understanding*, Oxford, Clarendon Press, 1972.

las muchas posibles se seleccionan las preferibles al objeto de desarrollarlas, difundirlas e impulsarlas.

Los ocho puntos precedentes pueden bastar como muestra del profundo cambio que la filosofía de la ciencia está experimentando en estas décadas de finales de siglo XX, tanto por su propia evolución como por la incidencia que otro tipo de estudios sobre la ciencia tienen sobre ella. A lo largo de esta obra se intentarán afrontar las diversas cuestiones involucradas en estos debates, y ello desde posturas estrictamente filosóficas, que sin embargo no deben de ser confundidas con las que los filósofos de tradición positivista y analítica han mantenido hasta el momento.

1.6. BASES PARA UNA FILOSOFÍA AXIOLÓGICA DE LA CIENCIA

Antes de proseguir, conviene aportar unas precisiones adicionales sobre la perspectiva desde la cual ha sido escrita esta obra, teniendo en cuenta los puntos críticos mencionados en el apartado anterior.

1.6.1. Hemos comprobado que los sociólogos del conocimiento científico pretenden ante todo ser científicos, y por eso afirman ser naturalistas y empiristas. Sus investigaciones parten de la manifestación empírica del conocimiento y de la actividad científica, tal y como éstas se manifiestan en una serie de prácticas y de referencias que los sociólogos consideran como al dado. A continuación, unos adoptan posturas explicativas o descriptivas, causalistas o indeterministas, relativistas o no. Pero la inmensa mayoría de los sociólogos del conocimiento científico pueden ser considerados como defensores del empirismo sociológico, a la vista de la metodología que utilizan en sus indagaciones. Por consiguiente, cabe decir que *el empirismo lógico ha encontrado un programa rival en el empirismo sociológico*, pretendiendo ambos ser programas científicos. Contrariamente a ello, *la filosofía de la ciencia debe de liberarse del complejo cientifista*, común al círculo de Viena, al círculo de Edimburgo y a sus respectivos epígonos. En lugar de seguir programas reduccionistas, sean éstos fisicalistas, sociologistas o formalistas, la filosofía de la ciencia debe tener muy en cuenta que la ciencia adquiere su auténtico sentido por sus fines, y no por sus orígenes. Ni la base empírica ni la base sociológica iniciales bastan para explicar la ciencia. En tanto acción humana intencional, la ciencia trata de contribuir a *mejorar el mundo*, y no sólo el mundo físico, sino también el mundo social y el mundo histórico. Ello implica, sin duda, mejorar nuestro conocimiento del mundo. Pero la ciencia no sólo es cognición. En tanto

actividad social, está regida por una pluralidad de valores que dan sentido a la praxis científica.

Por consiguiente, la filosofía de la ciencia ha de tener en cuenta que la ciencia está regida por una serie de máximas o postulados axiológicos muy generales, así como por otros más específicos para cada actividad científica concreta. Entre los postulados axiológicos más generales, los filósofos han de considerar enunciados tales como: "el bien es preferible al mal", "el bienestar es preferible al malestar", "el acierto es preferible al error" o "si comparamos dos estados de cosas y pensamos que uno es mejor (o preferible al otro), debemos intentar que el primero llegue a ser efectivo y el segundo deje de serlo", etc. Este tipo de máximas filosóficas han de ser otras tantas guías a la hora de indagar, de analizar y de valorar filosóficamente la praxis científica.

1.6.2. La filosofía de la ciencia no es una ciencia, ni tampoco una filosofía científica. Como su nombre indica, es un amor al saber de la ciencia. No es una fobosofía de la ciencia. No odia el saber científico. Tampoco es una filosofía de la nesciencia. Los filósofos no aman la ignorancia, sino el saber, tanto si éste es teórico como si es práctico. Por consiguiente, les interesa el conocimiento científico, pero sobre todo cuando éste es un saber; también les interesa la práctica científica, pero sobre todo cuando ésta implica un saber previo.

1.6.3. La filosofía de la ciencia no se reduce a una filosofía del conocimiento científico; a los filósofos, de la ciencia les interesa aquel saber que tiende a un mejor saber. El deseo de saber que marca a los filósofos en relación a la ciencia no es ciego; se trata de distinguir lo que la ciencia sabe, y en particular lo que los científicos saben hacer, de lo que la ciencia no sabe. Entre lo que la ciencia no sabe, es importante distinguir lo que no sabe, pero debería saber, o cuando menos lo que intenta saber, es decir: los problemas planteados a los científicos y por los científicos en un momento dado.

1.6.4. Puesto que la filosofía de la ciencia se ocupa del conocimiento y de la praxis de los científicos en la medida en que conlleven un saber, la filosofía de la ciencia debe de partir del momento en que la ciencia se muestra como saber. Ello sucede cuando la ciencia se enseña, sobre todo si se enseña obligatoriamente. Por consiguiente, la educación científica ha de ser objeto de particular atención por parte de los filósofos. Puesto que la ciencia también se manifiesta como saber cuando se aplica a la transfor-

mación del mundo, la ciencia aplicada y la tecnología también son objetos de estudio fundamentales para la filosofía de la ciencia.

1.6.5. En lo que respecta a la educación científica, hay que tener en cuenta que la enseñanza de la ciencia es estrictamente acumulativa. No es posible acceder a determinados conocimientos científicos sin haber adquirido previamente otros conocimientos (y destrezas). Y también hay que tener en cuenta que el orden y los contenidos de la enseñanza de la ciencia han sido previamente debatidos y evaluados, y ello no sólo en contextos nacionales o estatales. La educación científica está orientada a todos y cada uno de los seres humanos, independientemente de su lugar de nacimiento, raza, sexo, situación social o sistema de creencias. Desde que aparecieron las matemáticas en la antigua Grecia, lo esencial de dichas ciencias (y por ende de las ciencias que luego han ido surgiendo) es su enseñanza. Las ciencias son enseñadas en las escuelas en tanto saberes efectivos. Ya sólo por esto deberían de ser objeto de atención por parte de los filósofos.

1.6.6. La enseñanza de la ciencia está basada en valores. Si en la escuela pública se enseñan matemáticas, física, química o biología, y no se enseña parapsicología ni quiromancia, es porque se piensa, tras múltiples debates de todo tipo, que los futuros ciudadanos estarán mejor preparados para la vida si han recibido esa educación científica, que luego se encomienda a profesionales habilitados para esas funciones docentes. Por consiguiente, la ciencia se enseña para modificar y transformar a los seres humanos, tratando de que estén en mejores condiciones para actuar en el mundo (natural, social, histórico, etc.). La enseñanza de la ciencia depende estrictamente del imperativo de lo mejor, por muchos defectos que su práctica empírica ulterior pueda tener.

1.6.7. El saber científico legado por unas generaciones a otras ha de ser mejorado, en la medida de lo posible. Ello da lugar a que siempre se parta de un estado previo del saber científico (teórico y práctico), que incluye cosas que se saben y cosas que no se saben. Los problemas teóricos y prácticos planteados por unas generaciones a otras tienen una gran importancia en tanto forma de saber: precisamente porque se sabe que esas cosas no son sabidas y que hay que tratar de resolverlas. La resolución de los problemas teóricos y prácticos previamente dilucidados en los microcosmos y en los macrocosmos es uno de los motores de la ciencia, entendida ésta como saber que tiende a mejor saber.

1.6.8. Así como la enseñanza de la ciencia es una actividad transformadora de las personas (y por lo tanto de mundos), así también la práctica científica ulterior es una actividad transformadora de otras formas de mundo. Dado que la realidad (natural, social, histórica) de la que se parte siempre es compleja, para llevar a cabo esas acciones transformadoras del mundo hay que analizar el mundo de partida, tal y como éste nos ha sido enseñado (a ver, a vivir, a entender, etc.). Para ello hace falta generar nuevo y mejor conocimiento científico, y también hay que prever (en la medida de lo posible) las consecuencias de unas u otras acciones, dentro de ese proyecto de transformación y mejora de lo dado.

Estas serían unas primeras bases para lo que podría ser denominado una *filosofía axiológica de la ciencia*. Como puede verse, se parte de que la ciencia interesa a los filósofos en tanto forma de saber. Y se afirma a continuación que esa forma de saber está determinada por lo que, recordando a Leibniz, podemos llamar el principio de lo mejor. Consiguientemente, habremos de ocuparnos repetidas veces de las diversas expresiones de lo mejor, tal y como éstas han aparecido y siguen apareciendo en la ciencia. Ello implica analizar los valores vigentes en cada momento histórico y en cada ciencia, en la medida en que esa axiología determina el significado concreto de conceptos puramente relativos como son 'preferible' y 'mejor'.

Partiendo de estas bases, esta obra seguirá vías de exploración relativamente inusuales entre los estudios disponibles sobre filosofía de la ciencia. En lugar de centrarnos en el conocimiento científico, que ya ha sido ampliamente analizado por los filósofos de la ciencia en el siglo XX, partiremos de una nueva consideración de lo que es la ciencia (capítulo 2), para luego pasar a ocuparnos de la Axiología de la Ciencia (capítulos 3 y 4), antes de estudiar las características de la praxis científica (capítulo 5). En el último capítulo nos ocuparemos de un tema clásico en las obras sobre filosofía de la ciencia, las leyes científicas, pero ello desde una perspectiva poco habitual. Se considerarán las leyes científicas como normas para la acción científica, en lugar de estudiarlas desde el punto de vista epistémico tradicional. Dado que existen varias obras de gran nivel centradas en los temas epistémicos, este libro no intenta abordar esas cuestiones de manera sistemática. Su objetivo principal consiste en abrir una nueva línea de trabajo dentro de los estudios filosóficos sobre la ciencia, centrada en la práctica científica y en los valores que la rijan (o que deberían regirla). Puesto que algunos sociólogos y filósofos de la ciencia se han ocupado de cuestiones axiológicas ligadas al conocimiento y a la praxis científica, algunos apartados de este libro están dedicados a comentar esos trabajos previos, así como a proponer vías alternativas de

análisis que, a juicio del autor, son preferibles para los estudios sobre la ciencia.

Aunque la filosofía de la ciencia que aquí se propone no tiene pruritos cientifistas, ello no equivale a decir que la filosofía de la ciencia no esté a su vez regida por el principio de lo mejor. Dado que las cuestiones axiológicas y praxiológicas han sido relativamente poco estudiadas por los filósofos de la ciencia, esta obra pondrá el acento en estos temas, limitándose a apuntar algunas cuestiones centrales de la filosofía del conocimiento científico que están tratadas más ampliamente, y seguramente mejor, en otros libros sobre filosofía de la ciencia.

II

Los cuatro contextos de la actividad científica⁵⁵

II.1. INTRODUCCIÓN

La distinción entre el *contexto de descubrimiento* y el *contexto de justificación* ha tenido un papel muy importante en el desarrollo de la filosofía de la ciencia en el siglo XX. Propuesta por Reichenbach (Reichenbach, 1938, pp. 6-7), ha sido aceptada sin apenas objeciones durante varias décadas. Autores como Laudan (1980) y Hoyningen-Huene (1987) han mostrado que diversos autores presuponían dicha distinción entre contextos, aun antes de que fuera formulada explícitamente: según ellos, en el manifiesto fundacional del Círculo de Viena ya estaba vigente, así como en *La construcción lógica del mundo* de Carnap (1928) y en la *Teoría general del conocimiento* de Schlick (1918). También Popper la daba por sentada en su *Lógica de la investigación científica* (1934). Remontándose más atrás en el tiempo, cabe atribuir la misma distinción a numerosos filósofos y científicos del siglo XIX (Husserl, Frege, Cohén, Whewell, Herschel), e incluso a Kant, Aristóteles y EuclidesTM. Por consiguiente, ha sido uno de los grandes pilares de la reflexión filosófica sobre la ciencia. En el capítulo anterior vimos que también entre los sociólogos de la ciencia dicha distinción ha gozado de gran predicamento, al menos en la escuela americana que se forma en torno a la figura de Merton.

⁵⁵ Este capítulo retoma propuestas formuladas por el autor en diversas conferencias en Río Cuarto (Argentina), Barcelona, Madrid y Varsovia, y que han sido publicadas en la *Revista Latinoamericana de Filosofía*, en las *Actas del V/J Congreso de la Asociación Filosófica de la República Argentina* y en los *Pojrian Studies in the Philosophy of the Sciences and the Humanities*, 1995, vol. 44, pp. 151-167.

⁵⁶ Ver P. Hoyningen-Huene (1987), pp. 502-503.

Este capítulo está dedicado a:

1. Comentar brevemente algunas de las críticas que se han hecho a la propuesta de Reichenbach.
2. Mostrar que la distinción entre el contexto de descubrimiento y el contexto de justificación resulta insuficiente para abarcar la complejidad de la actividad científica.
3. Hacer una propuesta alternativa de cuatro contextos para la ciencia (*educación, innovación, evaluación y aplicación*), que resulta preferible como punto de partida para los estudios filosóficos sobre la ciencia.

La distinción de Reichenbach parte de un malentendido fundamental, que afecta a toda la tradición de la concepción heredada en filosofía de la ciencia, a saber: *la reducción de la ciencia al conocimiento científico*. Contrariamente a esta concepción, que ha tenido y sigue teniendo gran influencia, hay que considerar que la ciencia es una *actividad*, y que los estudios sobre la ciencia, en los cuales participan historiadores, sociólogos, antropólogos, psicólogos, filósofos y otros profesionales, no pueden restringirse únicamente a los aspectos cognoscitivos de la actividad científica. Como consecuencia, afirmamos que es preferible distinguir cuatro ámbitos en la actividad científica: los contextos de educación, innovación, evaluación y aplicación. Estos cuatro ámbitos interactúan entre sí y se influyen mutuamente: son interdependientes. Sin embargo, conviene distinguirlos para analizar la actividad científica en su auténtica complejidad, que es mucho mayor de lo que supusieron Reichenbach y sus seguidores, fuertemente influenciados por el programa positivista y demarcacionista.

11.2 LA DISTINCIÓN ENTRE CONTEXTO DE DESCUBRIMIENTO Y CONTEXTO DE JUSTIFICACIÓN

Reichenbach propuso esta distinción en su libro *Experience and prediction* (1938), en el marco de la teoría de la ciencia que caracterizó al empirismo lógico y que estuvo centrada en la *epistemología*. La idea central de Reichenbach consistía en prescindir de los procesos científicos reales, tomando como objeto de la filosofía de la ciencia una reconstrucción lógica de las teorías: "la epistemología considera un sustituto lógico, más bien que los procesos reales" (Reichenbach, *o.c.*, p. 5). Reichenbach aceptó la propuesta de Carnap y utilizó la denominación de *reconstrucción lógica* para nombrar la tarea que habían de llevar a cabo previamente los epistemólogos:

"Podríamos decir que una reconstrucción lógica se corresponde con la forma en que los procesos de pensamiento son comunicados a otras personas, en lugar de la forma en que son subjetivamente conformados" ... "Introduciré los

términos contexto de *descubrimiento* y contexto de *justificación* para hacer esta distinción. Por tanto, tenemos que decir que la epistemología sólo se ocupa de construir el contexto de justificación" (*Ibid.*, pp. 6-7).

Conforme a dicha propuesta, los filósofos no tienen por qué ocuparse de cómo se llega a producir un descubrimiento científico. Reichenbach dejaba así de lado algunos aspectos de la ciencia que difícilmente podían ser asumidos por el Círculo de Viena de Schlick, Carnap, Neurath y otros, ni tampoco por el Círculo de Berlín, que él mismo lideraba. Un científico puede estar guiado en sus investigaciones por hipótesis metafísicas, creencias religiosas, convicciones personales o intereses políticos o económicos. Para los defensores del empirismo lógico, todos estos aspectos de la actividad científica no debían ser estudiados por los epistemólogos. De hecho, Reichenbach mencionaba el ejemplo de Kepler, quien partió en sus investigaciones de una analogía entre la Santísima Trinidad y el sistema solar, lo cual le resultó heurísticamente muy útil. Lo importante para los empiristas lógicos no eran estas especulaciones teológicas, que en todo caso habrían de ser estudiadas por los historiadores o los psicólogos de la ciencia. Lo esencial eran los resultados finales de la investigación científica: los hechos descubiertos, las teorías elaboradas, los métodos lógicos utilizados y la justificación empírica de las consecuencias y predicciones que se derivan de las teorías. De ahí que el contexto de descubrimiento no fuera objeto de la epistemología ni de la filosofía de la ciencia, sino de la psicología, de la historia y de la sociología. La génesis de las teorías no tenía interés alguno para los defensores de la epistemología científica en los años 30".

Los filósofos de la ciencia admitieron durante muchos años esta distinción y excluyeron el contexto de descubrimiento de la reflexión epistemológica. Buena parte de los procesos de comunicación del conocimiento científico (la enseñanza, la interacción entre los investigadores en los laboratorios, la recepción de los descubrimientos y los debates entre teorías contrapuestas, etc.) fueron dejados de lado por los epistemólogos, que se centraron exclusivamente en los resultados finales del proceso de comunicación del conocimiento científico (teorías ya elaboradas, libros de texto, etc.). La influencia de las investigaciones metamatemáticas de la escuela de Hilbert, en este sentido, fue muy grande. No sólo había que partir de las teorías tal y como habían quedado finalmente articuladas por sus descubridores o divulgadores, tomando como referencia principal los libros de texto o las

⁵⁷ Ver J. Echeverría (1989), capítulo 1, para una exposición más amplia del programa neopositivista del Círculo de Viena.

de justificación es un punto focal de primera importancia para cualquier discusión relevante sobre las relaciones entre la historia de la ciencia y la filosofía de la ciencia" (Salmon, 1970, p. 70). Sin perjuicio de que unos aceptaran el contexto de descubrimiento como objeto de investigación lógico-filosófica, y otros no, lo cierto es que la distinción misma parecía firmemente asentada.

A lo largo de los años posteriores, en cambio, sí se han hecho diversas críticas a la distinción entre contexto de descubrimiento y contexto de justificación, mostrando que está conectada con distinciones tan relevantes para la filosofía de la ciencia como la que hay entre lo factual y lo normativo⁶² o entre la lógica y lo empírico", o incluso entre la historia de la ciencia internalista y externalista^M. Hubo autores, como Polya, Hanson y más recientemente Simón, Lenat, Thagard y otros muchos, que afirmaron la existencia de componentes lógicas y reglas heurísticas en los procesos de descubrimiento científico⁶⁵. Por influencia de Kuhn, numerosos autores han optado por añadir un tercer término a la distinción⁶⁶, e incluso un cuarto. Esta ha sido, por ejemplo, la opción de Goldman", para quien la actividad de resolver problemas científicos incluye la generación o propuesta de los mismos, su indagación (*pursuit*), testar las soluciones posibles y, finalmente, la toma de una decisión: el descubrimiento y la justificación no serían, por lo tanto, pasos consecutivos, sino interactivos; asimismo, no cabe adscribir una fase de la resolución de problemas científicos a la lógica y el resto a la historia, a la psicología o a la sociología de la ciencia.

Este tipo de ataques deben de ser considerados como tentativas de perfeccionamiento y mejora de la distinción reichenbachiana, que asignaba a los filósofos de la ciencia el contexto de justificación como su ámbito propio de estudio e investigación. Los filósofos de la ciencia de tendencia historicista reivindicaban la conveniencia de ocuparse también del contexto de descubrimiento, en colaboración con los historiadores, psicólogos y sociólogos de la ciencia. En los últimos años ha habido diversas tentativas

«Ver Salmon (1973) y Siegel (1980).

⁶¹ Ver Salmon (1970) y Popper (1972).

⁶⁴ Feigl (1970) y (1974), Heidelberger (1976).

⁶⁵ Ver Polya (1968), Hanson (1971) y Lenat (1982). Las investigaciones sobre modelos computacionales para dichas reglas heurísticas en los procesos de descubrimiento científico han dado lugar a múltiples contribuciones en los últimos años. Véase, por ejemplo, la obra de Langley, Simón, Bradshaw y Zytkow (1987) y el libro editado por Shrager y Langley (1990).

" Ver Laudan (1977) y (1980), Nickles (1980) y Hoynigen-Huene (1987) para referencias más amplias al respecto.

⁶⁷ "Epistemology and the theory of problem solving", *Synthese* 55 (1983), pp. 21-48.

para estudiar los procesos de descubrimiento científico desde un punto de vista computacional, comparándolos con la resolución de problemas. En este sentido destaca Herbert A. Simón, desde su obra pionera de 1958 (con Newell y Shaw) hasta su más reciente *Scientific Discovery. Computational Explorations of the Creative Processes* (1987). Paul Thagard, a su vez, ha afrontado los procesos de cambio científico desde esta misma perspectiva, partiendo de las grandes revoluciones científicas (*Conceptual Revolutions*, 1992), aunque los resultados obtenidos parecen discutibles.

Por otra parte, filósofos de la ciencia tan influyentes como Giere y Laudan han seguido manteniendo la idea básica de la distinción de Reichenbach. En su obra *Understanding Scientific Reasoning*, sin duda para desmarcarse de las investigaciones de los sociólogos sobre la actividad de los científicos en los laboratorios, Giere afirma explícitamente que:

"Para nosotros, el razonamiento científico no es el razonamiento del laboratorio sino el del informe de investigación, una vez terminada ésta. La mayor parte de lo que sucede de hecho durante la investigación nunca aparece en el informe final" (Giere, 1979, p. 25).

Otro tanto cabe encontrar en los escritos de Larry Laudan. Para este autor "La ciencia es, en esencia, una actividad de resolución de problemas" (Laudan, 1986, p. 39), pero los filósofos de la ciencia deben ocuparse sobre todo de la racionalidad científica, y ésta se restringe a

"la evaluación cognoscitivamente racional de los problemas científicos. Hay muchos casos en que, sobre bases no racionales o irracionales, un problema llega a tener gran importancia para una comunidad de científicos. Así, determinados problemas pueden adquirir una relativa importancia porque la Agencia Estatal para la investigación científica paga a los científicos para que trabajen en ellos, o, como en el caso de la investigación del cáncer, porque hay presiones morales, sociales y financieras que pueden 'elevar' tales problemas a un lugar quizá más alto del que merecen desde un punto de vista cognoscitivo. No es mi propósito adentrarme en las dimensiones no racionales de la evaluación de problemas" (*Ibid.*, p. 63).

De acuerdo con estas posturas, la filosofía de la ciencia no tiene como objeto de estudio la actividad real de los científicos, con sus diversas mediaciones y complejidades, sino que debe ocuparse de reflexionar exclusivamente sobre las exposiciones finales de los resultados de la investigación científica. Los sociólogos de la ciencia se han opuesto con razón a este *reduccionismo epistemológico*, argumentando que la construcción de los hechos en el laboratorio y los procesos de consenso entre científicos en la fase de investigación son determinantes de los resultados finales. Karin Knorr-Cetina, por ejemplo, afirma: "¿dónde hallamos el proceso de validación, en un grado significativo, si no es en el propio laboratorio?" (Knorr-Cetina, 1981, p. 8). Si uno de los problemas centrales de los estu-

dios sobre la ciencia es la valoración de la actividad científica en sus diversas fases, hay que precisar en primer lugar qué es lo que debe ser evaluado. Los filósofos de la ciencia han tendido a pensar que hay que valorar las teorías y los descubrimientos científicos una vez producidos y consolidados. Los sociólogos de la ciencia, en cambio, se centran mucho más en el proceso de construcción y elaboración de los hechos, las teorías y los descubrimientos. Esta última postura resulta muy plausible, aunque conviene subrayar que la evaluación no sólo se hace en los laboratorios; los resultados de la investigación y las propuestas de los científicos también se valoran en las aulas, en las oficinas de las agencias de evaluación, en las direcciones de las empresas de I+D, en los medios de divulgación científica, y en la propia práctica de los profesionales cuando aplican sus conocimientos a la transformación de la realidad (un médico, un economista, una empresa conservera, un ingeniero de puentes o aeronáutico, etc.). La evaluación de la ciencia es un problema central para la filosofía de la ciencia, pero no sólo se evalúan hechos, experimentos, teorías o descubrimientos. Veremos a continuación que ni el reduccionismo de los empiristas lógicos ni el reduccionismo sociológico resultan suficientes para considerar la ciencia en toda su complejidad y pluralidad.

Nuestra propuesta trata de replantear la distinción entre descubrimiento y justificación, reemplazándola por otra. Desde nuestro punto de vista, la actividad científica es mucho más amplia y variada de lo que se supone al hablar solamente de descubrimiento y justificación, y por ello la distinción ha de ser reformulada radicalmente, de manera que la interacción entre descubrimiento y justificación, subrayada por diversos autores, sea vista como una más entre las diversas interacciones que tienen lugar en el ámbito de la actividad científica.

11.4. LOS CUATRO CONTEXTOS DE LA CIENCIA

Distinguiremos *cuatro contextos* en la actividad tecnocientífica: el *con.* *texto de educación* (enseñanza y difusión de la ciencia), el *contexto de innovación*, el *contexto de evaluación* (o de valoración) y el *contexto de aplicación*.

La concepción estructural de las teorías científicas, a partir de la obra inicial de Sneed (1979), y con más fuerza en el *Architectonics of Science* de Balzer, Moulines y Sneed (1987), incluyó las aplicaciones propuestas en la estructura de las teorías científicas⁶⁵. Se daba con ello un paso hacia la

aproximación entre la filosofía de la ciencia y la práctica científica real. Como bien muestra la historia de la ciencia mediante múltiples ejemplos, las teorías científicas, entendidas como sistemas puramente cognoscitivos, se ven profundamente transformadas por sus aplicaciones a ámbitos empíricos concretos o por la resolución de problemas previamente planteados. Una aplicación propuesta para una teoría ha de ser, en primer lugar, descubierta; posteriormente es aplicada a título de ensayo; ulteriormente ha de ser justificada. Conviene, por tanto, distinguir el contexto de aplicación de los dos contextos clásicos. No es lo mismo elaborar ni presentar una teoría científica bien construida que aplicarla a la resolución de cuestiones concretas. Esta última tarea suele implicar el uso de artefactos tecnológicos que implementan a las teorías científicas y cuya construcción está regida por valores distintos de los que priman en la investigación puramente cognoscitiva.

Más sorprendente podrá parecer la propuesta del contexto de educación⁶⁹ al mismo nivel que los otros tres contextos: el de innovación, el de evaluación y el de aplicación. Sin embargo, es bien sabido que la especialización de la ciencia actual hace perfectamente ininteligible tanto el vocabulario teórico de una disciplina científica como, sobre todo, su vocabulario observacional. Para entender un enunciado científico hay que haber aprendido todo un sistema de complejos conocimientos, teóricos y prácticos, sin los cuales no hay posibilidad de descubrir, de justificar, ni tampoco de aplicar el conocimiento científico. Y aunque los filósofos de la ciencia han prestado escasa atención a la enseñanza y a la difusión del conocimiento científico, ambas constituyen una componente fundamental de la actividad científica, tomada ésta en toda su extensión.

La ciencia actual es una construcción social altamente artificializada que se aplica a los más diversos ámbitos para producir transformaciones y, en su caso, mejoras. Los seres humanos pueden adherirse o no a dicha actividad colectiva, pero cada individuo siempre se confronta en su fase de formación a una ciencia previamente constituida, que ha de aprender antes de poder juzgar sobre su mayor o menor validez y utilidad. No hay descubrimiento ni justificación científicas sin previo aprendizaje, y por ello hay que partir del contexto de enseñanza a la hora de analizar las grandes componentes de la actividad científica. O por decirlo en una palabra: *no hay intelección científica sin aprendizaje previo*.

^M Sin embargo, el propio Kuhn ha hablado del "contexto de pedagogía", afirmando que "el contexto de pedagogía difiere del contexto de la justificación casi tanto como del contexto de descubrimiento" (T.S. Kuhn, *La tensión esencial*, Madrid, F.C.E., 1983, p. 351).

⁶⁸ Ver J. Echeverría (1989), capítulo V, para un resumen del programa estructural en filosofía de la ciencia.

11.4.1. La *enseñanza de la ciencia* es pues el primer ámbito en donde la actividad científica tiene vigencia. Incluye dos acciones recíprocas básicas: la enseñanza y el aprendizaje de sistemas conceptuales y lingüísticos, por una parte, pero también de representaciones e imágenes científicas, notaciones, técnicas operatorias, problemas y manejo de instrumentos. Cada individuo habrá de mostrar que tiene una *competencia* en el manejo de todos esos sistemas signícos y operatorios. A partir de ello podrá ser reconocido (o rechazado) como posible candidato a devenir miembro de una comunidad técnica o científica concreta. Toda esta fase abarca desde su formación como investigador hasta el inicio de su actividad profesional como alevín de científico (o ingeniero, o experto). Tras su fase de formación, la mayoría de los titulados pasan directamente al ámbito de aplicación correspondiente, sin incidir en modo alguno en la investigación ni en la elaboración de teorías. Y no por ello dejan de ser científicos. Tenemos así una primera interacción entre el contexto de enseñanza y el contexto de aplicación. Por supuesto, también este último incide sobre el primero, como veremos al final⁷⁰.

La enseñanza de la ciencia está socialmente regulada y posee sus propias técnicas de presentación, justificación, valoración y aplicación de las teorías científicas, que no tienen por qué ser las mismas que las usadas en los restantes ámbitos de la actividad científica. El contenido de lo que se ha de enseñar ha sido fijado previamente, en forma de planes de estudio para las diversas titulaciones. Hay por tanto una mediación social que delimita los conocimientos y las habilidades básicas de un futuro científico. Ello es particularmente decisivo a partir del establecimiento de la enseñanza obligatoria, que comporta la adquisición de unas nociones científicas elementales por parte de todos los ciudadanos.

Uno de los objetivos básicos de la enseñanza de la ciencia es la adquisición por parte de los estudiantes de representaciones mentales adecuadas de conocimientos científicos previos. Dichas representaciones no sólo son lingüísticas: no basta con poseer los conceptos o saberse de memoria las leyes básicas de una determinada teoría, sino que hay que haber interiorizado el por qué de dichas teorías, así como las técnicas de escritura, observación, medición, cálculo y experimentación que van ligadas a la misma. En esta época de formación se prefigura la adscripción del futuro científi-

co (o profesional) a uno u otro paradigma y comunidad científica. Es importante subrayar que dicha construcción de representaciones mentales nunca es una actividad exclusivamente individual, sino que está profundamente mediatizada por la sociedad. Esta determina, al menos en la enseñanza reglada, los contenidos tecnocientíficos a enseñar y el orden de su presentación. A continuación evalúa e interactúa con el individuo a través de sus agentes docentes, dilucidando su mayor o menor competencia y aptitud, al par que corrigiendo, motivando y, en general, *normalizando* las representaciones mentales que el sujeto individual se haya hecho de las teorías. En resumen, *el ámbito por excelencia para la ciencia normal kuhniana es el contexto de educación*. Las diversas comunidades científicas siempre pugnan por tener agentes activos en defensa de sus paradigmas en el ámbito docente. Los procesos de cambio en el contexto de enseñanza" suelen resultar mucho más lentos y difíciles de llevar a cabo que los cambios científicos en el contexto de innovación. Estos últimos son los únicos que suelen ser estudiados por los filósofos de la ciencia, lo cual constituye una clara insuficiencia: los procesos de cambio en el contexto de educación siempre son ilustrativos de los *grandes cambios científicos*, pero entendidos éstos como cambios sociales, y no ya solamente como transformaciones en el seno de la propia comunidad científica.

Conviene tener presente, además, que la difusión y la divulgación científica (a través de revistas, videos, programas de radio y televisiones, colecciones de libros de bolsillo, imágenes tecnocientíficas, etc.) ha de ser incluida en este primer ámbito de la actividad científica. Nuevamente se repite el proceso, pero esta vez para un número mucho mayor de destinatarios: las teorías y los descubrimientos se presentan en forma simplificada y accesible, recurriéndose a representaciones *ad hoc*. Incluso los medios de comunicación dedican suplementos y programas especiales para esta labor de divulgación científica, que es la que genera una *imagen social* de la investigación, de las teorías y del progreso científico, y por consiguiente una *imagen social del mundo*. La divulgación científica ha solido ser desdeñada por los filósofos de la ciencia como ámbito de estudio. Sin embargo, es una componente importante de la actividad científica en general.

11.4.2. Un segundo ámbito lo constituye el antiguo contexto de descubrimiento, al cual hay que añadir, si queremos estudiar la tecnociencia

⁷⁰ Suele decirse, por ejemplo, que el mercado del trabajo y las oportunidades profesionales que una u otra titulación ofrecen incide fuertemente en la potenciación de unas u otras titulaciones universitarias.

⁷¹ Por ejemplo de las técnicas pedagógicas, de los planes de estudio o de la propia estructura de la enseñanza, tanto universitaria como de grado medio.

actual, y no solamente la ciencia clásica, la función de innovación y de invención que ha caracterizado históricamente a los ingenieros y a los técnicos por oposición a los científicos: por eso es preferible llamarlo *contexto de innovación*, pues ésta lleva a veces a descubrimientos (o fracasa en esa tentativa), pero también produce invenciones y novedades. Puede suceder perfectamente que una innovación técnica (como la máquina de vapor, el teléfono o la radio) tenga una mínima apoyatura en teorías científicas, y no obstante acabe generando una o varias teorías con sus correspondientes leyes. La actividad teórica es sólo una de las componentes de la actividad científica en el ámbito de investigación e innovación. Los laboratorios y los locales de estudio de los tecnocientíficos son el escenario fundamental para este segundo ámbito, en el que prima la producción de conocimiento (teórico, empírico, informativo, técnico...), pero en el que también puede haber una importante componente de construcción de *nuevos artefactos*: entendiendo por tales, desde una nueva notación matemática hasta un nuevo instrumento de medida o una nueva clasificación, pasando por un nuevo *software* o un virus desconocido. No hay que pensar que la actividad científica en este segundo ámbito está centrada en la investigación sobre la naturaleza. La realidad que se investiga siempre está pre-construida socialmente, y con mucha frecuencia el campo de investigación (también llamado *realidad*) es artificial por su propia construcción: cultivos agrícolas, ciudades, ordenadores, mercados, etc.

Merece la pena insistir brevemente sobre las innovaciones que no son descubrimientos, sino que pertenecen estrictamente al ámbito de la invención. Las máquinas, los artefactos y los instrumentos de laboratorio o de medida son ejemplos característicos de este tipo de innovaciones; pero acaso resulten todavía más claras las invenciones de nuevas notaciones matemáticas, de nuevos algoritmos, de nuevos lenguajes y programas informáticos, o simplemente de nuevas maneras de almacenar, condensar y representar el conocimiento. Se trata estrictamente de invenciones, cuyo éxito o fracaso depende de su utilidad, de su funcionalidad, de la facilidad con la que puedan ser utilizadas, de su capacidad para plantear y resolver problemas o para hallar soluciones, etc. Cuando la investigación científica ha estado vinculada a la actividad militar, lo cual ha sucedido con mucha frecuencia a lo largo de la historia, estas innovaciones han solido resultar mucho más determinantes para el progreso tecnocientífico que el descubrimiento de un nuevo hecho natural: baste pensar en la bombilla de Edison, en el pararrayos de Franklin, en el teléfono de Bell, en la radio de Marconi o en la computadora ENIAC de von Neumann y Goldstine. Pero no olvidemos tampoco las notaciones algebraicas de Vieta y Descartes o la

notación de Leibniz para el cálculo diferencial. Los filósofos de la ciencia de tendencia empirista, en la medida en que han centrado sus teorías en las ciencias de la naturaleza, han dejado de lado todos estos aspectos de la investigación científica, que en numerosas ocasiones han resultado tanto o más determinantes que la construcción de las grandes teorías científicas. Por eso han preferido hablar de descubrimientos, más que de invenciones y creaciones. Al proponer el término *innovación*, intentamos englobar ambos aspectos de la investigación científica: los descubrimientos y las invenciones.

11.4.3. Un tercer ámbito lo constituye el consabido contexto de justificación, tradicionalmente basado en una buena fundamentación metodológica y racional de la ciencia. Independientemente de que dicha justificación fuera lógico-deductiva, inductivista, probabilista, verificacionista, falsacionista o de cualquier otro tipo, lo cierto es que, si admitimos que el segundo ámbito de la actividad científica es el de innovación, y no sólo el de descubrimiento, entonces necesariamente hemos de ampliar el contexto de justificación. Por ello proponemos hablar del contexto de valoración o evaluación de la actividad tecnocientífica, y no sólo de la justificación del conocimiento científico⁷². Tan importante es valorar el descubrimiento de un nuevo hecho empírico como evaluar el interés de una nueva formalización o simbolización. En el caso de los ingenieros y de los inventores, sus prototipos, sus diseños y sus planos han de ser valorados en función de su viabilidad, de su aplicabilidad, de su competitividad frente a propuestas alternativas, y en general en función de su utilidad. Parafraseando a Claude Bernard y a Imre Lakatos, podríamos decir que la actividad científica no sólo busca "hechos nuevos y sorprendentes", sino también artefactos e instrumentos "nuevos y sorprendentes". El progreso de la ciencia no sólo está vinculado al avance del conocimiento humano: la mejora de la actividad científica es otra de las componentes fundamentales del progreso de la tecnociencia.

También en este tercer contexto la actividad científica está fuertemente mediatizada por la sociedad, y no sólo por la comunidad científica. Se trata de lograr una aceptación de los nuevos hechos, hipótesis, problemas, teorías, descubrimientos e innovaciones. Los Congresos, las Sociedades

⁷² En los últimos años comienza a hablarse de la evaluación de teorías, hipótesis y predicciones científicas: así lo hacen, por ejemplo, Laudan (1977), Shrager y Langley (1990, p. 8 y p.12), o también Pazzani y Flower (1990, p. 403). Sin embargo, el término 'evaluación' es usado en un sentido más restringido que el aquí propuesto.

Científicas, las revistas especializadas y los manuales y libros de texto son, por supuesto, expresiones paradigmáticas de este tercer ámbito, pero también lo son los diseños, las maquetas, los prototipos, las simulaciones, los informes, las evaluaciones e incluso la toma de decisiones sobre lo que es aceptable o no para ser presentado como una novedad tecnocientífica de interés. La comunidad científica desempeña, sin duda, una función primordial, pero se advierte ya la presencia de agentes sociales externos a ella, en particular en lo que se refiere a la valoración de las innovaciones. La habilidad retórica, la adecuada presentación de la tecnociencia, la capacidad argumentativa y persuasiva, e incluso unas ciertas técnicas de *marketing* y relaciones públicas, constituyen con frecuencia variables decisivas para el éxito de una u otra propuesta. Los *valores* que determinan el ámbito de justificación y evaluación pueden ser cambiantes: el contenido empírico, la capacidad predictiva y explicativa, el rigor, la axiomatización, la consistencia, la formalización, la belleza, la potencialidad heurística, la resolución de problemas, la simplicidad y la generalidad son algunos de los valores clásicos para evaluar el conocimiento científico. En el caso de la actividad tecnocientífica, la utilidad, la facilidad, el coste, la fiabilidad, la rapidez, la eficacia y la rentabilidad constituyen otros tantos valores que suelen ser tenidos en cuenta. Lo importante es subrayar que, al igual que en los ámbitos precedentes, siempre hay una *sanción o juicio social* sobre la actividad científica. No es la contrastación con la experiencia lo que determina la validez o invalidez de una novedad científica, sino su contrastación con otros agentes sociales, cuyas tablas de valores pueden ser cambiantes.

11.4.4. La ciencia, por último, se muestra particularmente activa a la hora de ser aplicada para modificar, transformar y mejorar el medio, el entorno, el mundo o la realidad: como prefiera decirlo cada cual. Los instrumentos, las técnicas, los métodos y los resultados de la actividad científica en los tres ámbitos anteriores experimentan, como es fácil de constatar, modificaciones y cambios según se esté en uno u otro contexto. No es lo mismo elaborar una teoría en el laboratorio o en el gabinete que presentarla ante la comunidad científica, enseñarla en las aulas o divulgarla al gran público. La comunidad científica suele contar con diferentes especialistas para cada uno de esos tres contextos: el lenguaje y los métodos son muy distintos, aun en el caso de que se esté aludiendo a un mismo hecho, teoría, descubrimiento o invención. Pudiera mantenerse la tesis de que, a pesar de todas esas diferencias, los tres ámbitos se intercorresponden entre sí. Sin embargo, los filósofos positivistas apenas se han ocupado de este problema, verdaderamente esencial para una auténtica filosofía de la actividad científica: baste recordar

el escándalo que suscitaron las observaciones sobre las habilidades retóricas de Galileo a la hora de exponer sus tesis heliocéntricas⁷¹.

En el caso del ámbito de aplicación y transformación, las producciones y artefactos científicos sufren cambios todavía más profundos, vinculándose entre sí actividades científicas muy diversas al objeto de producir transformaciones eficaces sobre el medio en que se quiere actuar. Los diversos aparatos y máquinas que han ido surgiendo a lo largo de los dos últimos siglos muestran hasta qué punto las referencias a las teorías que los sustentan son lejanas y difusas. El criterio de valor principal es, probablemente, el *it works* (funciona), pero cabe aplicar otros muchos: desde la rentabilidad económica hasta la utilidad social, pasando por la propia capacidad transformadora de la propuesta tecnocientífica. La política y la gestión científicas pasan aquí a ser fundamentales, trátase de entidades públicas y privadas; pero la propia sociedad introduce sus criterios de aceptación de la actividad tecnocientífica, que se ve ahora sometida a un juicio global, externo a la comunidad científica. Si la tecnociencia ya era una forma de cultura en el contexto de educación, ahora vuelve a serlo, aunque su modo de inserción no tiene por qué ser exclusivamente lingüístico: las imágenes, los artefactos, los aparatos y su capacidad para resolver problemas sociales e individuales pasan a ser las formas de implantación de la tecnociencia como cultura en este cuarto contexto de la actividad científica. En este último ámbito debe incluirse la labor de asesoramiento en la toma de decisiones que llevan a cabo los expertos científicos. El escenario donde tiene lugar este tipo de actividad científica no es el aula, ni el laboratorio, ni la sala de congresos o la mesa de escritorio. Los expertos trabajan en oficinas y en despachos, así como en salas de reuniones.

11.5. INTERACCIONES ENTRE LOS CUATRO CONTEXTOS

Aunque estos cuatro ámbitos se presentan como separados, debido a que hemos seguido utilizando una cierta metodología analítica (de muy grueso calibre, que habría de ser complementada con análisis más finos), hay que señalar que pueden estar fuertemente interrelacionados entre sí, y que de hecho interactúan y se influyen recíprocamente. Cabe enseñar sólo aplicaciones de la ciencia, como suele suceder en el caso de los tecnólogos, pero asimismo la enseñanza puede tomar como objeto las diversas innc /aciones

⁷¹ Véase el libro editado por Finochiaro (1980).

(teóricas, instrumentales, notacionales, etc.) o los diversos modos de evaluar dichas innovaciones (desde cómo verificar una predicción hasta cómo axiomatizar una teoría, pasando por el cálculo de los errores de una medición a partir de una teoría del error). El contexto de educación, por consiguiente, afecta a los otros tres contextos. Y recíprocamente: las innovaciones, las diferentes aplicaciones y los nuevos criterios de evaluación modifican tarde o temprano la actividad docente, precisamente cuando se han convertido en una forma de saber, y no son un simple conocimiento.

Otro tanto cabe decir de los tres contextos restantes. Todos y cada uno de ellos influyen sobre los demás e interactúan entre sí. La distinción de estos cuatro contextos no tiene, por consiguiente, una intencionalidad demarcacionista, sino más bien funcional. Los científicos dedicados a la enseñanza, a la innovación, a la evaluación y a la aplicación suelen estar separados entre sí, desde el punto de vista de sus prácticas cotidianas y de su ejercicio profesional. Mas el avance de la ciencia depende de todos y cada uno de ellos, y no sólo de los descubridores e innovadores. Una nueva aplicación puede ser más importante que una nueva axiomatización. Pues bien, también un nuevo método de enseñanza, o una adecuada retórica en el proceso de difusión social del conocimiento científico, pueden contribuir al progreso de la ciencia mucho más que la labor oscura en el laboratorio, que prescinde de toda mediación con los restantes contextos de la actividad científica.

III

Ciencia y valores

III. I. EL DEBATE SOBRE LA CIENCIA Y LOS VALORES

Resulta común leer que, de existir valores que rijan la ciencia, y de ser importante su estudio filosófico, los únicos valores que deben interesar a los filósofos de la ciencia son los valores cognitivos o epistémicos⁷⁴. Según estas posturas, el conocimiento científico está determinado por valores tales como la verdad, la coherencia, la simplicidad o la capacidad predictiva. Puesto que la ciencia es, ante todo, la búsqueda de conocimiento verdadero, fecundo, coherente y, a poder ser, bien ordenado, la filosofía de la ciencia no debe de interesarse en los valores que determinen la praxis científica, a no ser aquellos que nos impulsen a la búsqueda de ese tipo de conocimiento.

La concepción heredada en filosofía de la ciencia ha respondido plenamente a este tipo de planteamientos que separaban estrictamente la ciencia y los valores no epistémicos. Los debates entre los filósofos de la ciencia han estado centrados en cuestiones tales como si la ciencia es predictiva o no, si las teorías son comprobables, verificables o falsables, si una teoría se aproxima más a la verdad que otra, etc. Con frecuencia, esos debates sólo tenían interés en la medida en que esos valores epistémicos servían como

⁷⁴ Entre los muchos autores que cabría citar al respecto, mencionaré a Laudan como ejemplo: "Mi tema en este libro no son los valores morales, sino los valores cognitivos; no son las normas éticas ni las normas de conducta, sino las reglas y normas metodológicas" ... "En suma, éste es un libro sobre el papel de los valores cognitivos en la formación de la racionalidad científica" (L. Laudan, *Science and Values*, Berkeley, Univ. of California Press, 1984, pp. XI y XII).

criterio de demarcación entre unas ciencias u otras, así como para distinguir grados de cientificidad.

Hablando en términos más generales, se podría decir que, para la gran mayoría de los filósofos de la ciencia, el conocimiento científico debía ser descriptivo, explicativo o comprensivo de lo que es", pero en modo alguno tenía que ocuparse de lo que debe ser: esto último era tema para éticos, políticos, ideólogos, predicadores o "malos" filósofos de la ciencia. Mezclar cuestiones morales y argumentos científicos, de acuerdo con estas posturas, implica caer en lo que, desde Moore, se llama *falacia naturalista*¹⁶.

Puesto que en esta obra se parte de la afirmación de que la ciencia es una actividad transformadora del mundo, que por tanto no se limita a la indagación de cómo es el mundo, sino que trata de modificarlo en función de valores y fines, conviene que nos detengamos brevemente en este punto antes de afrontar la cuestión específica de la axiología de la ciencia.

El origen de las posturas filosóficas que separan estrictamente la ciencia y los valores no epistémicos hay que buscarlo en Locke y en Hume. En el último capítulo de su *Ensayo sobre el entendimiento humano*, Locke distinguió tres clases de Filosofía (y por ende de ciencia, en su época): la Física (o Filosofía Natural), la Filosofía Práctica (cuyo canon es la Ética) y la Semiótica o doctrina de los signos (es decir, la Lógica). Según Locke, estas son

"las tres grandes provincias del mundo intelectual, totalmente separadas y diferenciadas la una de la otra"⁷⁷.

Así como la Filosofía Natural (de la cual proceden las ciencias físico—naturales de la tradición positivista) tiene como finalidad "la mera especulación y el conocimiento de la verdad" (ibid., p. 1068), y por consiguiente sus cultivadores deben dedicarse a contemplar las cosas mismas para descubrir la verdad (ibid., p. 1069), la Filosofía práctica no tiene como finalidad el conocimiento de la verdad, "sino la justicia y una conducta acorde con ella" (ibid., p. 1068). Ambos tipos de filosofía, según Locke, están estrictamente separados entre sí, y ello en virtud de la naturaleza de las cosas. Otro tanto sucede con la Lógica o con las Ciencias Formales (Matemáticas, Semiótica):

"Ya que todo lo que puede caer dentro de la competencia del entendimiento humano es, primero, la naturaleza de las cosas como son en sí mismas, sus relaciones y su manera de operar; o segundo, aquello que el hombre mismo debe hacer, como un agente racional y voluntario, para alcanzar cualquier finalidad y especialmente su felicidad; o, tercero, las maneras y medios a través de los cuales el conocimiento de uno y otro aspecto se adquiere y se comunica, pienso que la ciencia se puede dividir propiamente en esas tres clases" (Ibid., p. 1067).

El ser, el decir y el deber ser constituyen los tres grandes objetos de nuestro entendimiento. Lo notable es que Locke afirme una estricta separación entre los tres saberes correspondientes. De hecho, Leibniz criticó firmemente esa separación, en un tono bastante irónico:

"vuestras tres grandes regiones de la enciclopedia estarán siempre en continua guerra, pues cada cual se inmiscuye siempre en los derechos de las otras"⁷⁸.

La frase de Leibniz se ha revelado profética. En la actualidad, uno de los principales debates en filosofía de las matemáticas versa sobre el carácter empírico, cuasi—empírico o *a priori* de las mismas. Los empiristas lógicos se mostraron a favor de la tercera opción, en contra de Mili, defensor del empirismo; el cuasi-empirismo ha sido propuesto posteriormente por Lakatos ". En cuanto a la separación entre la Filosofía de la Ciencia y la Filosofía Práctica, difícilmente puede mantenerse hoy en día, a pesar de que muchos filósofos de tradición analítica sigan pretendiendo que así sea. En el fondo, restringir la Filosofía de la Ciencia a una Filosofía del conocimiento científico equivale a una tentativa de mantener la estricta separación lockeana entre la Ética y la Física, o si se quiere entre la Ciencia y la Moral. El problema estriba en que, por decirlo todavía en términos de Locke, si reconocemos que la ciencia es una actividad (o una praxis), inevitablemente nos veremos conducidos a solapamientos entre ambos tipos de Filosofía. ¿Por qué la ciencia, considerada como actividad, habría que tratar de hacerla bien? Esta es la pregunta clave en torno a la cuestión de la Ciencia y los Valores: quienquiera que pretenda denominarse a sí mismo filósofo de la ciencia habrá de ofrecer una respuesta concreta a ella.

Pese a la sorna de Leibniz, la distinción de Locke, que se remonta históricamente a los estoicos, hizo fortuna. Las ciencias físico-naturales y las

⁷¹ O de lo que es el caso, como más desafortunadamente suele escribirse.

⁷⁶ Véase G.E. Moore, *Principia Ethica*, Cambridge, Cambridge Univ. Press, 1903. Para un amplio estudio sobre la falacia naturalista, puede verse el libro de M. Ruse, *Taking Darwin Seriously*, Oxford, Blackwell, 1986, cap. 6.

⁷⁷ J. Locke, *Ensayo sobre el entendimiento humano*, Madrid, Ed. Nacional, 1980, vol. II, p. 1070.

⁷⁸ G.W. Leibniz, *Nuevos Ensayos sobre el entendimiento humano*, Madrid, Ed. Nacional, 1983, p. 640.

TM Una buena obra sobre la reciente filosofía de las matemáticas es la editada por W. Aspray y P. Kitcher, *History and Philosophy of Modern Mathematics*, Minneapolis, Univ. of Minnesota Press, 1988. Puede consultarse también el libro editado por J. Echeverría, A. Ibarra y T. Mormann, *The Space of Mathematics*, Berlín, De Gruyter, 1992.

ciencias formales han constituido dos mundos separados en la tradición empirista, y mucho más en la positivista. ¡Y qué decir de la filosofía moral! Aun ahora siguen corriendo ríos de tinta para mostrar la irreductibilidad entre 'is' y 'ought', entre el ser y el deber ser⁸⁰.

Esta última escisión le ha sido atribuida a Hume. En efecto, en su *Tratado de la Naturaleza Humana*, éste afirmó enfáticamente que:

"las distinciones morales no son producto de la razón. La razón es totalmente inactiva, por lo que nunca puede ser origen de un principio tan activo como lo es la conciencia o sentimiento de lo moral"⁸¹.

Partiendo de esta concepción contemplativa de la razón humana, cuyo origen se remonta hasta Pitágoras, Hume concluyó que:

"Las acciones pueden ser laudables o censurables, pero no razonables o irrazonables" (Ibid.).

Merece la pena subrayar que Hume, partiendo de esa concepción de la razón y de una gnoseología estrictamente empirista, separó estrictamente la racionalidad y la acción humana. Por supuesto, hoy en día no se acepta esta última conclusión de Hume y se debate con frecuencia sobre teorías racionales de la acción humana⁸². Lo difícil es armonizar las posiciones epistemológicas empiristas con las teorizaciones de la acción racional. La tesis de la falacia naturalista pesa muy fuertemente sobre la tradición empirista: a partir de aserciones factuales no se pueden implicar aserciones morales. Los científicos pueden conjugar el verbo *ser**, pero no deben usar la expresión *deber ser*. Sin embargo, esta línea de argumentación se basa en una tesis previa que difícilmente se puede seguir manteniendo en la actualidad: la naturalización de los hechos. En la medida en que, como afirmó Fleck, y tras él numerosos sociólogos de la ciencia, haya una construcción social de los hechos, la falacia naturalista se desmorona.

En esta obra partiremos de posiciones opuestas a la tradición lockeana y humeana, y por consiguiente también a la tradición positivista: ya anunciamos que la filosofía de la ciencia *no debe ser* científista, como siguen afirmando muchos filósofos y sociólogos de la ciencia que siguen al pie de la letra la reconvencción de Moore. Contrariamente a la tesis de Hume, según la cual la razón "consiste en el descubrimiento de la verdad o de la falsedad" (Hume, *o.c.*, p. 675), aquí consideraremos que la razón humana, y en

*^o Véase, por ejemplo, el capítulo 7 del libro de R.D. Masters, *Beyond Relativism. Science and Human Values*, Hanover, Univ. Press of New England, 1993, cap. 7. Masters es uno de los pocos que se opone a esa escisión entre *ser* y *deber ser*.

*¹ D. Hume, *Tratado de la Naturaleza Humana*, III, 1, 1, p. 676 de la edición de Félix Duque en Madrid, Ed. Nacional, 1977.

*² Véase, por ejemplo, J. Mosterín, *Racionalidad y acción humana*, Madrid, Alianza, 1978.

concreto la razón científica, es una potencia activa que tiende a transformar lo dado para hacerlo mejor. Los científicos nunca son inactivos frente a la naturaleza o al mundo, al menos si nos referimos a la ciencia actual. Precisamente por ello, desde una filosofía racionalista de la ciencia no es difícil distinguir entre acciones racionales e irracionales en función de sus valores subyacentes, sin prejuicio de que las últimas puedan tener también sus motivaciones. Frente a la separación estricta que postuló Hume entre lo que él llamaba filosofía especulativa y filosofía práctica, y por consiguiente entre conocimiento científico y moral, conviene insistir en que incluso la investigación en las ramas más puras de la ciencia tiende siempre a transformar algo que venía dado previamente.

Valga el ejemplo de las matemáticas, que suelen ser consideradas como la ciencia pura por antonomasia. Los *Elementos* de Euclides no sólo son un conocimiento puro de las relaciones entre los objetos geométricos, como puede pensarse desde una tradición humeana. Dicha obra fue escrita para ser enseñada (lo cual ya implica un *conatus* favorable a la modificación de los conocimientos de los griegos de la época), pero también fue elaborada para que los procedimientos que en ella se demuestran para resolver diversos problemas pudieran ser aplicados ulteriormente a oficios como la agrimensura, la construcción, la decoración o la navegación, como efectivamente sucedió. Incluso las ciencias más puras están marcadas por la impronta de modificar y mejorar los objetos que estudian. En este *conatus* hacia lo mejor radica el progreso científico.

La actividad de los científicos no sólo es cognitiva. Frente a los filósofos y sociólogos de la ciencia que piensan que lo esencial de la ciencia es la investigación y la producción de conocimiento, hay que recalcar que la ciencia se convierte en un saber en la medida en que dicho conocimiento es enseñado, en primer lugar, y luego es aplicado por aquellos que lo han aprendido correctamente. Ni la aritmética ni la geometría habrían sido objeto de enseñanza a lo largo de los siglos si no hubiera sido porque permiten resolver de manera precisa y correcta numerosos problemas, tanto teóricos como prácticos.

Los filósofos de la ciencia que se han inscrito en esta tradición lockeana y humeana, que posteriormente quedó apuntalada por Kant y por los neokantianos⁸¹, han reducido la racionalidad de la ciencia a una racionalidad

⁸¹ En su *Fundamentación de la metafísica de las costumbres*, cuando Kant se pregunta, poco antes de llegar a la Observación final, "cómo la razón pura puede ser práctica", su respuesta es contundente: "todo esfuerzo y trabajo que se emplee en buscar explicación de esto será perdido" (trad.

pura, y por consiguiente han separado estrictamente la ciencia y la axiología. Estas concepciones acabaron llegando a la propia sociología, a través de Max Weber. Como comenta Emilio Lamo de Espinosa:

"Para Max Weber, como para los neokantianos, hay dos clases de ciencias —las naturales y las sociales—, completamente diferentes en sus objetivos y métodos. Las primeras son ajenas a la existencia de los valores; porque son formales trabajan con conceptos abstracto-generales y explicaciones causales" (Lamo y otros, 1994, p. 85).

Las ciencias físico-naturales y las ciencias matemáticas son consideradas como axiológicamente neutras, con lo cual se afirma la irrelevancia de los criterios axiológicos en la ciencia, o cuando menos que los únicos valores a considerar son los puramente epistémicos. Como suele decirse: una cosa son los juicios de hecho y otra los juicios de valor. Los científicos y los técnicos deben de ser axiológicamente neutros, como lo son las ciencias físico-naturales. El mito de la neutralidad de la ciencia hunde sus raíces en esta tradición de pensamiento, que está sólidamente implantada en la ideología cientifista.

La teoría de la ausencia de valores (*Wertfreiheit*) en la investigación científica de la naturaleza fue ampliamente desarrollada por Max Weber⁸⁴. Puesto que los valores son culturalmente dependientes, la objetividad de la ciencia sólo puede estar garantizada en la medida en que, aunque en las ciencias sociales (y quizá también en otras ciencias) pueda haber *referencia a valores*, sin embargo no haya nunca *juicios de valor*. En sus escritos, el hombre de ciencia:

"debe indicar claramente al lector dónde y cuándo termina de hablar el científico y dónde y cuándo comienza a hablar el hombre de voluntad" (*Ibid.*, p. 19).

Según Weber, los juicios de valor deben de estar ausentes de las obras auténticamente científicas. En tanto observador del mundo (social, natural, histórico), el científico ha de guiarse por un único valor epistémico: la verdad".

de Manuel García Morente en Madrid, Espasa-Calpe, 1967, p. 135). Dentro del sistema kantiano, esta tesis resulta probablemente imprescindible, dada la manera en que define la razón pura (como ausencia de voluntad). Lo grave es que este sistema de pensamiento haya servido como punto de partida a tantos filósofos de la ciencia que han incluido, automáticamente, la ciencia en el ámbito de la razón pura, y en todo caso la tecnología (o la ciencia aplicada) en el ámbito de la razón práctica. A nuestro modo de ver, aunque aquí no vayamos a desarrollarlo, la ciencia moderna, y en particular la contemporánea, es uno de los ejemplos más claros de lo que Nietzsche llamaba *voluntad de poder*. Precisamente por ello, resulta imprescindible investigar las tablas de valores subyacentes a la actividad científica.

⁸⁴ Véase su obra *Sobre la teoría de las ciencias sociales*, Barcelona, Península, 1971.

⁸⁵ Véase un excelente resumen de la teoría weberiana de los valores en la ciencia en E. Lamo, J.M. González y C. Torres (1994), p. 89.

Este *monismo axiológico*, como puede verse, no sólo ha caracterizado a buena parte de los filósofos defensores de la concepción heredada, sino que influyó fuertemente en la sociología de la ciencia durante bastantes décadas. Desde las concepciones que se sustentan en esta obra, hay que afirmar, por el contrario, el *pluralismo axiológico de la ciencia*⁸⁶. En la medida en que aceptemos que existen cuatro contextos en la actividad científica, y entre ellos el de educación y el de aplicación, los valores que rigen la praxis científica no pueden ser reducidos a algunos de los valores epistémicos que priman en el contexto de innovación. La ya clásica separación entre hechos y valores, particularmente vigente en la filosofía kantiana, resulta obsoleta. Así como los hechos están cargados e impregnados de teoría, como afirmaron Popper y Hanson y aceptan en la actualidad la mayoría de los filósofos de la ciencia, así también hay que afirmar que la actividad científica, y por consiguiente las propias teorías, están profundamente influidas por diversos sistemas de valores, que habrá que intentar analizar y dilucidar.

Admitir que una filosofía de la ciencia que se haya liberado del prurito cientifista debe de partir de un estudio previo de la axiología de la ciencia, antes de llegar a la metodología o a la epistemología, implica aceptar que existen valores muy generales que priman sobre casi toda la praxis científica, incluida la producción de nuevo conocimiento. Entre dichos criterios axiológicos cabe anticipar los siguientes:

1. Los resultados de la actividad científica *deben ser* públicos, tarde o temprano, y no sólo privados.
2. Los resultados de la actividad científica *deben ser* comunicables y enseñables⁸⁷.
3. El saber científico *debe ser* accesible a cualquier ser humano, previa educación.
4. La objetividad prima sobre la subjetividad. O si se prefiere, la ciencia *debe ser* objetiva.
5. En la medida de sus posibilidades, los científicos *deben* tratar de mejorar lo logrado por sus predecesores.

Como puede verse, estos cinco criterios axiológicos no están fundados en la naturaleza, sino que son valores sociales. Ha habido culturas y formas de saber en las que ni han imperado ni imperan esos valores. La cultura

⁸⁶ Véase el capítulo siguiente.

⁸⁷ Este punto ya fue debatido por los pitagóricos, los cuales estaban divididos entre los esotéricos y los exotéricos. Desde nuestro punto de vista, de este principio se infiere que no hay ciencia sin escritura. Véase J. Echeverría, Barcelona, Granica, 1987.

científica, en cambio, está regida por valores como la universalidad, del cual se desprenden los tres primeros criterios axiológicos, la objetividad y la mejoría (o "mejorismo", como dijo Dewey⁸⁵).

Este primer elenco de valores que marcan a la ciencia en general no responde a un criterio demarcacionista: otras muchas actividades humanas pueden estar regidas por esos valores. Sin perjuicio de que esta cuestión será retomada ulteriormente con mayor detalle, conviene subrayar que esta primera muestra de una axiología de la ciencia no es naturalista. A pesar de que, desde concepciones evolucionistas, pudiera pensarse que el anterior listado está determinado por el imperativo de una mejor adaptación de los seres humanos a su medio natural a través de la ciencia, no es preciso recurrir a estas tesis en pro de la naturalización de la filosofía o de la ciencia para afirmar los criterios axiológicos precedentes. Por el momento dejaremos de lado el debate sobre la filosofía naturalista de la ciencia y nos limitaremos a subrayar que estos criterios axiológicos no incurrir en la falacia naturalista, precisamente porque no están fundados en la naturaleza del ser humano, ni mucho menos en leyes naturales. Esos valores no se infieren a partir de hechos naturales. Antes al contrario. La consolidación previa de esos valores es lo que posibilita el desarrollo pleno de la actividad científica, tal y como ésta se muestra en las sociedades en donde estos principios tienen plena vigencia. O dicho de otra manera: ni la existencia de la ciencia, ni mucho menos su axiología, están garantizadas por ninguna tendencia natural. En la medida en que estos y otros valores dejen de estar vigentes socialmente, la ciencia podría desaparecer, o cuando menos verse relegada a una marginalidad social, como sucedió en Europa a lo largo de muchos siglos y como ha sucedido y sucede en otras muchas culturas. No hay ciencia sin una voluntad social de mantener dicha forma de actividad humana. O por decirlo en palabras de Popper:

"muy pocos acontecimientos habrá que no puedan ser plausiblemente explicados por una llamada a ciertas propensiones de la *"naturaleza humana"*. Pero un método capaz de explicar cuanto podría ocurrir no explica nada. Si queremos reemplazar esta teoría sorprendentemente ingenua por una más sólida, tenemos que dar dos pasos. En primer lugar, tenemos que intentar encontrar *condiciones* de progreso: debemos intentar imaginar las condiciones bajo las cuales el progreso se detendría" ... "debemos, en segundo lugar, reemplazar la teoría de las propensiones psicológicas por algo mejor; sugiero

** Véase la obra de Ralph W. Sleeper, *The Necessity of Pragmatism: John Dewey's Conception of Philosophy*, New Haven, Conn., Yale Univ. Press, 1986, donde se afirma que las principales contribuciones filosóficas de Dewey se aglutinan en torno a este mejorismo: la filosofía y la ciencia han de contribuir a la mejora de la condición humana. Esta idea ya está en Bacon y en Leibniz.

que por un *análisis institucional* (y tecnológico) de las condiciones del progreso" (Popper, 1987, p.169).

La propuesta de Popper, aun siendo insuficiente en algunos aspectos, tiene un considerable interés para el tema de este capítulo. En la medida en que el desarrollo de la actividad científica, y por consiguiente la producción de conocimiento, dependen de la vigencia social de una serie de valores, ocurre que surgen instituciones que encarnan dichos valores y en torno a ellas se agrupan los científicos: escuelas, universidades, bibliotecas, laboratorios, institutos de investigación, empresas de I+D, sociedades científicas, gabinetes de política científica, etc. Si adoptáramos una metodología empirista, la filosofía axiológica de la ciencia habría de desarrollarse a base de investigar estas y otras instituciones científicas a lo largo de la historia, así como los valores que imperan en ellas, tanto en teoría como en la práctica. Adicionalmente, habría también que estudiar las manifestaciones que los científicos individuales han hecho sobre cuestiones axiológicas, así como los valores que efectivamente han imperado en su práctica cotidiana.

En esta obra ni siquiera trataremos de dar los primeros pasos en esta dirección. Por ello nos centraremos exclusivamente en fuentes secundarias, a saber: nos ocuparemos de comentar las aportaciones que han hecho al tema de la axiología de la ciencia algunos historiadores, sociólogos y filósofos de la ciencia que se han ocupado con un cierto detalle de esta cuestión. Como podrá comprobarse, a pesar de la imprecisión que pueda derivarse de este uso de fuentes secundarias, llegaremos a extraer suficientes materiales como para poner en marcha el mencionado programa de investigación en filosofía de la ciencia. Ulteriormente habrá que llevar a cabo minuciosos estudios históricos, sociológicos y filosóficos, tratando de desbrozar las diversas tablas de valores que han estado vigentes en algunos momentos claves de la historia de la ciencia, y en particular las confrontaciones entre valores opuestos y los procesos de cambio axiológico.

1112 EL ETHOS DE LA CIENCIA, SEGÚN MERTON

Cuando el sociólogo de la ciencia Robert Merton se ocupó de estudiar la estructura normativa de la ciencia⁸⁹, restringió su campo de estudio a las instituciones científicas:

^w Véase R. K. Merton, *La sociología de la ciencia*, Madrid, Alianza, 1977, vol. 2, pp. 355-368. Este ensayo se publicó primero (en 1942) con el título "Science and Technology in a Democratic

"Ciencia es una palabra engañosamente amplia que se refiere a una variedad de cosas distintas, aunque relacionadas entre sí. Comúnmente se la usa para denotar: (1) un conjunto de métodos característicos mediante los cuales se certifica el conocimiento; (2) un acervo de conocimiento acumulado que surge de la aplicación de estos métodos; (3) un conjunto de valores y normas culturales que gobiernan las actividades llamadas científicas; (4) cualquier combinación de los elementos anteriores. Aquí nos ocuparemos, de manera preliminar, de la estructura cultural de la ciencia, esto es, de un aspecto limitado de la ciencia como institución. Así, consideraremos, no los métodos de la ciencia, sino las normas con las que se los protege. Sin duda, los cánones metodológicos son a menudo tanto expedientes técnicos como obligaciones morales, pero sólo de las segundas nos ocuparemos aquí. Este es un ensayo sobre sociología de la ciencia, no una incursión en la metodología" (Merton, *o.c.*, II, p. 356-7).

La tercera componente de las cuatro indicadas en su definición de ciencia le sirvió a Merton para definir el *ethos de la ciencia* como

"ese complejo, con resonancias afectivas, de valores y normas que se consideran obligatorios para el hombre de ciencia. Las normas se expresan en forma de prescripciones, proscipciones, preferencias y permisos. Se las legitima en base a valores institucionales. Estos imperativos, transmitidos por el precepto y el ejemplo, y reforzados por sanciones, son internalizados en grados diversos por el científico, moldeando su conciencia científica" (Merton, 1980, p. 66).

Esta definición del *ethos* científico nos servirá inicialmente, en la medida en que puede aplicarse a los cuatro contextos que hemos distinguido en la actividad científica. Cada uno de ellos, en efecto, posee sus propias normas, prescripciones y valores, así como su sistema específico de recompensas y sanciones. Contrariamente a lo que han pensado algunos sociólogos de la escuela constructivistas los estudios sobre la ciencia no deben reducirse a, y ni siquiera centrarse en los laboratorios. Allí se están aplicando múltiples formas de saber previo para elaborar, producir o construir nuevo conocimiento científico; pero no es correcto afirmar que de los laboratorios surja un nuevo *saber* científico. Para que las propuestas que surgen de los laboratorios lleguen a ser aceptadas como una nueva forma de saber científico han de someterse a otras muchas mediaciones sociales, que trascienden por completo al equipo de investigadores que discuten o consensúan en el laboratorio. La propuesta de Merton, en cambio, es lo suficientemente general como para que pueda ser aplicada a cada uno de los diversos escenarios institucionales en donde tiene lugar la actividad científica, y no sólo a los laboratorios.

Order" y posteriormente fue republicado con el nuevo título "Science and Democratic Social Structure".

⁹⁰ Véase la referencia a Karin Knorr-Cetina en la nota p. 57.

En cualquier caso, Merton recalcó que la ciencia no sólo es un acervo de conocimientos acumulados y un conjunto de métodos conforme a los cuales se logra ese conocimiento, sino que también incluye una serie de prácticas sociales o comunitarias que están regidas por normas, valores, prescripciones y proscipciones. Además de una Epistemología y una Metodología, la Filosofía de la Ciencia debe de incluir una Axiología de la Ciencia, en la medida en que quiera aproximarse a la práctica científica **real**. De hecho, Merton insistió en que la práctica científica está determinada por *reglas obligatorias*, con lo cual señaló un aspecto muy relevante de la racionalidad científica, que apenas fue considerado por los filósofos de la concepción heredada:

"Las normas de la ciencia poseen una justificación metodológica, pero son obligatorias, no sólo porque constituyen un procedimiento eficiente, sino también porque se las cree correctas y buenas. Son prescripciones morales tanto como técnicas" (Merton, 1977, II, p. 359).

Cabría matizar esta última afirmación en una dirección medio leibniziana, medio popperiana: no es que las reglas que deben seguir los geómetras a la hora de medir longitudes o ángulos con regla o compás, o los físicos al manejar un instrumento de observación o de medida, sean buenas *per se*, en el sentido de que se dispone definitivamente de un buen instrumento y de unas buenas normas para utilizarlo. Lo que sí ocurre, en cambio, es que esos instrumentos y esas reglas son las mejores de que se dispone para obtener los correspondientes resultados, sin los cuales no podría proseguir la investigación científica. Los procesos de normalización que se llevan a cabo en el contexto de educación conllevan, ciertamente, la interiorización de una serie de normas para la práctica científica, y no sólo el aprendizaje de un acervo de conocimientos; pero nada impide que esas normas puedan ser mejoradas, por ejemplo inventando un nuevo algoritmo o proponiendo una nueva teoría del error. En una palabra: cada una de esas reglas es buena en el sentido de que nadie ha sabido proponer una regla mejor; pero la búsqueda de lo mejor siempre está abierta en la praxis científica.

Nuestro contexto de evaluación engloba sin problemas esta estructura normativa indicada por Merton y, al interactuar con los restantes contextos, incide en todas y cada una de las fases de la actividad científica. Por ejemplo, las instituciones científicas generan siempre un sistema de recompensas, o si se quiere también de castigos. Una praxis científica exitosa no sólo es premiada con un premio Nobel; si nos fijamos más en los múltiples microcosmos ligados a los cuatro contextos, observaremos que también puede ser premiada con un Sobresaliente (o castigada con un suspenso) en

el contexto de educación, o bien con un aumento de sueldo o con la explotación de una patente (en el contexto de aplicación). Hasta este punto, las propuestas de Merton se adecuaban bastante bien a los planteamientos que imperan en el presente libro.

Sin embargo, Merton inició una trayectoria mucho más problemática cuando trató de caracterizar en términos globales ese *ethos* científico, afirmando que

"el objetivo institucional de la ciencia es la extensión del conocimiento verificado" y que "los imperativos institucionales (normas) derivan del objetivo y los métodos" (Merton, 1980, p. 67).

Esta afirmación resulta, de alguna manera, de la tendencia unificacionista y reduccionista que ha perjudicado a los estudios de muchos filósofos y sociólogos de la ciencia. Al centrarse exclusivamente en el conocimiento científico y en su expansión, Merton dejó de lado el contexto de aplicación, a pesar de que constituye una de las grandes peculiaridades de la actividad científica.

Por el contrario, su distinción entre objetivos, valores y normas de la ciencia tiene gran interés para la filosofía de la ciencia. Al haber atribuido la primacía a los primeros, Merton caracterizó finalmente a la ciencia, desde el punto de vista axiológico, en función de una serie de objetivos globales de los que se desprendían los siguientes imperativos institucionales:

"El *ethos* de la ciencia moderna incluye cuatro conjuntos de imperativos institucionales: el universalismo, el comunismo, el desinterés y el escepticismo organizado" (*Ibid.*).

El universalismo incluía "el canon de que la afirmación que algo es verdad, cualquiera que sea su fuente, debe ser sometida a *criterios impersonales preestablecidos*" (*Ibid.*). La raza, la nacionalidad, la religión, la clase y las cualidades personales del científico no deben influir en la aceptación o el rechazo de una propuesta científica. La ciencia es cosmopolita y universalista: "el libre acceso a la búsqueda científica es un imperativo funcional" (*ibid.*, p. 69).

El "comunismo" mertoniano alude a la ciencia como producto de la colaboración social. La actividad científica es cooperativa y competitiva y, consiguientemente, debe ser comunicable. La ciencia moderna se caracteriza por la comunicación total y abierta, y no por el secreto, como ya había subrayado Bernal⁹¹. Para Merton, el reconocimiento y la estima es la única

⁹¹ "El crecimiento de la ciencia moderna coincidió con un definido rechazo del ideal del secreto" (J. D. Bernal, *The Social Function of Science*, Londres, Routledge & Kegan Paul, 1939, pp. 150-151).

forma de propiedad privada atribuible a los científicos, aunque la tendencia actual a patentar numerosos descubrimientos e innovaciones científicas, que él también comentó, parece desmentir esta tesis mertoniana. Asimismo el desinterés y el escepticismo parecen ser *desiderata*, más que rasgos éticos distintivos de la actividad científica.

De hecho, su propuesta fue criticada por diversos sociólogos de la ciencia, así como por algún filósofo⁹². Desde nuestro punto de vista, la propuesta mertoniana resulta claramente insuficiente, como veremos con mayor detalle en el apartado siguiente, pero tuvo al menos la virtud de señalar que la ciencia tiene una importante componente axiológica, punto éste que apenas había interesado a los filósofos de la ciencia, centrados siempre en la Epistemología y en la Metodología.

1113. EL OBJETIVO DE LA CIENCIA, SEGÚN POPPER

En su *Introducción* de 1982 a *La lógica de la investigación científica*, Popper caracterizó su teoría de los objetivos de la ciencia como:

"la teoría de que la ciencia busca la verdad y la resolución de problemas de explicación, es decir, que busca teorías de mayor capacidad explicativa, mayor contenido y mayor contrastabilidad" (Popper, 1985, p. 40).

La instauración popperiana de la verdad como valor predominante y su consiguiente caracterización global de la ciencia como una búsqueda sin término de la verdad, han tenido una influencia considerable en la filosofía del siglo XX, motivo por el cual merece la pena que las comentemos con detalle.

En el Prefacio de 1956 al *Postscriptum a La lógica de la investigación científica*, Popper hizo tres aseveraciones provocativas:

1. No existe método para descubrir una teoría científica.
2. No existe método para cerciorarse de la verdad de una hipótesis científica, es decir, no existe método de verificación.
3. No existe método para averiguar si una hipótesis es "probable" o probablemente verdadera" (*Ibid.*, p. 46).

Estas tesis no implican la negación de que haya una metodología científica. Como es sabido, Popper defendió a lo largo de toda su obra que, por muy diversas que puedan ser unas ciencias de otras, cabe hablar de una

⁹² Véase, por ejemplo, Michael Mulkay, "El crecimiento cultural en la ciencia", en B. Barnes y otros, *Estudios sobre sociología de la ciencia*, Madrid, Alianza, 1980, pp. 125-140. Ver también L. Laudan (1992), pp. 156-7.

metodología científica general. De hecho, en *La miseria del historicismo* Popper propuso una doctrina de unidad de método:

"todas las ciencias teóricas o generalizadoras usan el mismo método, ya sean ciencias naturales o ciencias sociales" (Popper, 1987, p. 145).

Dicho método no es otro que el hipotético-deductivo, que en esa obra es definido en los términos siguientes:

"consiste en ofrecer una explicación causal deductiva y en experimentar (por medio de predicciones). Este ha sido llamado a veces el método hipotético-deductivo, o más a menudo el método de hipótesis, porque no consigue certeza absoluta para ninguna de las proposiciones científicas que experimenta" (*Ibid.*, p. 146).

Así pues, aunque no dispongamos de métodos para indagar ni para probar la verdad de los enunciados científicos, sí poseemos medios para probar su falsedad. El aumento del conocimiento, o si se prefiere, el progreso científico, depende fundamentalmente de la revisión crítica de nuestras conjeturas previas (Popper, 1985, p. 195). Esta tarea no tiene término, pero puede ser llevada adelante. Popper afirmó que no somos prisioneros ni de nuestras mentes ni de las valoraciones, creencias o dogmas de nuestro grupo social (*ibid.*, pp. 194-5). Precisamente por ello la ciencia supera el subjetivismo, por una parte, pero también el comunitarismo, si entendemos por tal la determinación que las creencias (o intereses) de una comunidad científica puede ejercer en un momento histórico dado sobre la investigación científica:

"La discusión racional y el pensamiento crítico no son como los sistemas primitivos de interpretar el mundo; no son un marco al que estamos atados y amarrados. Por el contrario, son los medios para escapar de la prisión, de liberarnos" (*Ibid.*, p. 195).

Para Popper, el método de la ciencia se basa esencialmente en la crítica:

"las teorías científicas se distinguen de los mitos simplemente en que pueden criticarse y en que están abiertas a modificación a la luz de las críticas. No pueden verificarse ni probabilizarse" (*Ibid.*, p. 47).

Por consiguiente, sólo cabe hablar de objetividad científica (o en nuestros términos, de saber científico), en la medida en que las conjeturas de los científicos han sido debatidas y sometidas a prueba mil veces. Como puede verse, la teoría popperiana de la ciencia conlleva una fortísima componente inter-social, puesto que esa actitud crítica puede ejercerse desde cualquier cultura. La universalidad de la ciencia es un valor continuamente subrayado por Popper, y ello tiene mucho que ver con su teoría del objetivo de la ciencia, como veremos a continuación.

"Sugiero que el objetivo de la ciencia es encontrar explicaciones satisfactorias de cualquier cosa que nos parezca a nosotros que necesita explicación. Por una explicación (o una explicación causal) se entiende un conjunto de enunciados, uno de los cuales describe el estado de las cosas a explicar (el

explicandum), mientras que los otros, los enunciados explicativos, forman la "explicación", en el sentido más estricto de la palabra (el *explicans* del *explicandum*)" (*Ibid.*, p. 172).

El *explicans* debe entrañar lógicamente al *explicandum* y debe ser verdadero (en el sentido de haber sido contrastado y no haber sido falsado) e independiente del *explicandum*. Esto último significa que no debe ser una explicación *ad hoc* ni circular. La búsqueda de ese tipo de explicaciones causales es el objetivo principal de todas las ciencias teóricas. Y Popper continúa la exposición de su teoría de la manera siguiente:

"La pregunta "¿qué clase de explicación puede ser satisfactoria?" lleva, pues, a la respuesta: una explicación en términos de leyes universales y condiciones iniciales contrastables y falsables. Una explicación de este tipo será tanto más satisfactoria cuanto más contrastables sean esas leyes y cuanto mejor contrastadas hayan sido. (Esto es también lo aplicable a las condiciones iniciales)" (*Ibid.*, p. 174),

para proseguir diciendo:

"esta búsqueda de un grado superior de universalidad, de un grado superior de precisión" ... "está plenamente de acuerdo con la historia y la práctica real de las ciencias teóricas" (*Ibid.*).

La explicación científica preferible, en el sentido de más satisfactoria, es aquella que tiene como *explicans* una ley de la naturaleza. Y aunque en el capítulo correspondiente volveremos sobre este modelo nomológico-deductivo de explicación científica propuesto por Popper, conviene subrayar que esta tarea de buscar explicaciones científicas nunca tiene fin, según Popper:

"yo rechazo la idea de explicación última. Mantengo que toda explicación puede ser más explicada por una teoría de mayor universalidad. No puede haber explicación que no necesite otra explicación más" (*Ibid.*, p. 176).

Desde nuestro punto de vista, conviene destacar la extremada importancia que la universalidad y la mejora tienen como criterios de valoración de las teorías científicas. Las teorías no sólo explican hechos, no sólo predicen eventos. También pueden explicar otras teorías previas, como sucedió en el caso de Newton con respecto a las teorías de Kepler y de Galileo. Asimismo hay que destacar que, para Popper, no hay duda de que la ciencia siempre tiende a superarse a sí misma: a mejorar. En su caso, las aplicaciones del conocimiento científico a la transformación del mundo apenas está presente. Sin embargo, la mayor universalidad y la aproximación a la verdad (que es, en último término, el objetivo inalcanzable de la ciencia) suponen un criterio de evaluación de teorías: el objetivo de la ciencia consiste en buscar explicaciones más *satisfactorias*.

La investigación científica a la que se refiere continuamente Popper se lleva a cabo en un marco social, cultural, institucional e histórico deter-

minado. Sin embargo, ello no implica que no podamos sobrepasar dicho marco, conduciendo nuestra indagación hacia una mayor universalidad. Al contrario: es lo que tenemos que hacer. A la teoría de Popper le subyace un fuerte *imperativo moral*, que es inseparable del objetivo propuesto por él para la ciencia:

"Es cierto que dependemos de nuestra educación, nuestras creencias, nuestro conocimiento, nuestras expectativas. Pero también es cierto que no dependemos totalmente de ellos. Es indudable que sólo podemos liberarnos lenta y parcialmente de estas cadenas. Pero no hay límite natural para este proceso de liberación para el aumento del conocimiento" (*Ibid.*, p. 196).

El racionalismo crítico popperiano está estrictamente basado en una teoría de lo mejor y de lo peor, y ello no en términos individuales ni culturales ni sociales, sino en términos de humanidad. La falsación y la crítica no sólo son preceptos metodológicos: en el caso de Popper, son también reglas propias del *ethos* de la ciencia".

Popper concedió mucha importancia a las instituciones científicas y llegó a formular una minuciosa teoría al respecto: la *ingeniería social fragmentaria*, de la cual no nos ocuparemos aquí⁴. Ello le llevó a formular una nueva característica universal para todo tipo de ciencias (formales, naturales, sociales), a saber, su carácter *público*. Y aunque Popper consideró esto como un "carácter del método científico" (Popper, 1982, p. 381), no es difícil vislumbrar en esta característica un nuevo criterio axiológico, que Popper expuso en estos términos:

"decimos que una experiencia es *"pública"* cuando todo aquel que quiera tomarse el trabajo de hacerla puede repetirla" (*Ibid.*, p. 386),

para remachar a continuación:

"Esto es lo que constituye la objetividad científica. Todo aquel que haya aprendido el procedimiento para comprender y verificar las teorías científicas puede repetir el experimento y juzgar por sí mismo" (*Ibid.*).

Terminamos así nuestra incursión en las concepciones popperianas sobre la metodología de la ciencia, que, como puede verse, están "cargadas de axiología", o si se quiere, de *ethos* científico. Popper afirmó en varias de sus obras que la objetividad de la ciencia debía de ser entendida como intersubjetividad. Ahora bien, esa intersubjetividad no es reducible en absoluto a los procesos de consenso y de construcción de hechos (o de lenguajes) que estudian los sociólogos del conocimiento. En el caso de Popper, se trata

⁴ *ibid.*, p. 29, en donde reconoce que su metodología de la ciencia conlleva una propuesta normativa.

** Véanse *La Sociedad abierta y sus enemigos*, 1982, capítulos 9 y 23, y *La miseria del historicismo*, capítulos 20, 21, 24 y 32.

de una intersubjetividad transcultural y transhistórica. Por muy diferente que sea el contexto cultural en el que Euclides escribió sus *Elementos*, lo cierto es que podemos repetir sus demostraciones muchos siglos después y juzgar por nosotros mismos si son válidas o no, y luego si son mejorables o no. Y otro tanto cabría decir en el caso de las ciencias físico—naturales.

Por nuestra parte, admitiremos que las matemáticas (o la física) son ciencias objetivas porque son altamente intersubjetivas, y no porque los objetos de los que se ocupan existan o no, lo cual es una cuestión de índole muy distinta (ontológica, no epistemológica). La comunicabilidad del conocimiento científico (y en concreto la escritura) son condiciones *sine qua non* para que esa intersubjetividad resulte factible y sea fiable. Antes de publicar un texto científico para comunicar conocimiento hay que comprobar, letra por letra, si está *bien escrito*. Todas las ciencias huyen de los errores de escritura y de transcripción, y no sólo de los errores de cálculo o de observación.

Las mencionadas tesis de Popper poco tienen que ver con la Metodología ni con la Epistemología, sino que sugieren una auténtica Axiología General de la Ciencia, o cuando menos unos primeros pasos tentativos en esa dirección. Podríamos decir, incluso, que el *ethos* de la ciencia, tal y como lo concibió Popper, conduce rápidamente a vincular la actividad científica con las formas políticas e institucionales de la sociedad concreta en donde la ciencia se elabora:

"En último término, el progreso depende en gran medida de factores políticos, de instituciones políticas que salvaguarden la libertad de pensamiento: de la democracia" (Popper, 1987, p. 170).

Se abre con ello otro campo de investigación para una filosofía de la ciencia que no esté aquejada de los síndromes empirista ni cientifista. La axiología de la ciencia subyacente a la teoría popperiana del objetivo de la ciencia nos muestra nuevos valores, que él considera fundamentales para el desarrollo de la actividad científica: por ejemplo la libertad de pensamiento y la libertad de crítica. Ello no equivale a decir que la democracia y la libertad sean condiciones necesarias para que haya ciencia. La historia muestra repetidas veces que no ha sido así. Sin embargo, tal y como el propio Popper subrayó, la ciencia siempre ha florecido en mayor medida cuando los regímenes imperantes en las sociedades correspondientes han sido democráticos. A pesar de que la ciencia es una actividad regulada y normativizada, la posibilidad de criticar y de mejorar dichas reglas siempre debe de estar abierta. Para ello son imprescindibles:

"las *instituciones sociales*, creadas para fomentar la objetividad y la imparcialidad científica; por ejemplo, los laboratorios, las publicaciones científicas

cas, los congresos. Este aspecto del método científico nos muestra lo que puede lograrse mediante instituciones ideadas para hacer posible el control público y mediante la expresión abierta de la opinión pública, aun cuando ésta se limite a un círculo de especialistas" (Popper, 1982, p. 386).

En este pasaje Popper idealiza, sin duda, las instituciones científicas. Los sociólogos y los antropólogos de la ciencia han mostrado que las instituciones reales están muy lejos de estar regidas únicamente por los valores de objetividad e imparcialidad, y sus argumentos y estudios deben ser tenidos muy en cuenta por la filosofía de la ciencia. Desde nuestra perspectiva, nos interesa más mostrar que Popper sigue enunciando valores generales para la ciencia, siempre de carácter epistémico, como ahora la objetividad y la imparcialidad. Su metodología sigue estando cargada de axiología.

Ello resulta todavía más claro en este último texto, con el cual terminamos este comentario de las propuestas popperianas:

"La ciencia es el resultado directo del más humano de los esfuerzos humanos, el de liberarnos" ... "La ciencia no tiene autoridad. No es el producto mágico de lo dado, los datos, las observaciones. No es un evangelio de verdad. Es el resultado de nuestros propios esfuerzos y errores. Somos usted y yo los que hacemos la ciencia lo mejor que podemos. Somos usted y yo los que somos responsables de ella" ... "La bomba atómica (y posiblemente también el llamado "uso pacífico de la energía nuclear" cuyas consecuencias pueden ser incluso peores a largo plazo) nos ha mostrado, pienso yo, la superficialidad del culto a la ciencia como un "instrumento" de nuestro "dominio de la naturaleza": nos ha mostrado que este dominio, este control, es capaz de auto-destruirse y es más capaz de esclavizarnos que de hacernos libres, si no nos elimina por completo. Y aunque merece la pena morir por el conocimiento, no merece la pena morir por el poder" ... "Todo esto puede estar muy trillado. Pero hay que decirlo de vez en cuando. La Primera Guerra Mundial no sólo destruyó la república del saber; estuvo a punto de destruir la ciencia y la tradición del racionalismo, porque hizo a la ciencia técnica, instrumental. Llevó a una especialización creciente y apartó de la ciencia a quienes tendrían que ser sus verdaderos usuarios: el aficionado, el amante de la sabiduría, el ciudadano corriente, responsable, que tiene un deseo de saber. Todo esto empeoró mucho con la Segunda Guerra Mundial y la bomba. Por eso hay que volver a decir estas cosas. Porque nuestras democracias atlánticas no pueden vivir sin ciencia. Su principio fundamental —aparte de ayudar a reducir el sufrimiento— es la verdad" (Popper, 1985, p. 300).

Valga este pasaje de Popper como botón de muestra de lo que podría ser una filosofía axiológica de la ciencia. Y ello sin olvidarnos de nuestro objetivo en este capítulo. A pesar de que a lo largo de esta exposición hemos afirmado repetidas veces que, para Popper, la verdad es el valor predominante que rige la actividad científica, ahora constatamos que, al mismo nivel que la verdad, aparece un segundo criterio axiológico, que ya no es epistémico, sino que se corresponde muy bien con lo que hemos llamado

filosofía práctica de la ciencia: el objetivo de la ciencia *también* es "ayudar a reducir el sufrimiento".

MI.4. LOS VALORES Y LA CIENCIA, SEGÚN KUHN

En una conferencia pronunciada en 1973, con el título "Objetividad, juicios de valor y elección de teoría", Kuhn respondió a varios filósofos de la ciencia (Lakatos, Shapere, Scheffler) que habían criticado su obra de 1962, *La estructura de las revoluciones científicas*, porque conducía a posturas irracionistas en los procesos de elección de teorías. Kuhn había afirmado que la elección entre dos paradigmas rivales "no puede resolverse por medio de pruebas (empíricas)" (Kuhn, 1978, p. 230), y ello por varias razones, pero sobre todo por una fundamental, ligada a la inconmensurabilidad:

"quienes proponen los paradigmas en competencia practican sus profesiones en mundos diferentes"; ... "al practicar sus profesiones en mundos diferentes, los dos grupos de científicos ven cosas diferentes cuando miran en la misma dirección desde un mismo punto" (*Ibid.*, p. 233).

Entre los científicos que defienden paradigmas opuestos no hay más que una comunicación parcial, sin que la observación o la experimentación sirvan como juez de paz. Consecuentemente, la aceptación de un nuevo paradigma se logra, según Kuhn, mediante "técnicas de persuasión, argumentos o contraargumentos, en una situación en la que no puede haber pruebas" (*Ibid.*, p. 236). Todo lo cual le llevó a concluir que:

"Sin criterios que dicten la elección individual lo que tiene que hacerse es confiar en el juicio colectivo de los científicos formados de esa manera" (Kuhn, 1983, p. 344).

Estas tesis de Kuhn remitían la decisión sobre la validez de una teoría u otra a un criterio pragmático: el juicio que la comunidad científica correspondiente pudiera acabar teniendo al respecto. Numerosos filósofos de la ciencia se opusieron a esta propuesta kuhniana, tal y como el propio Kuhn describía en su conferencia de 1973:

"Varios filósofos recibieron este tipo de comentarios de una manera que todavía me sorprende. Con mis ideas, dijeron, la elección de teoría se convierte en un asunto de 'psicología de masas'¹⁸ ... "Kuhn cree, aseguraron, que "la decisión que toma un grupo científico de adoptar un paradigma nuevo no

¹⁸ I. Lakatos, "Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes", en I. Lakatos y A. Musgrave (eds.), *Criticism and the Growth of the Knowledge*, Cambridge, Cambridge University Press, 1970, p. 178.

puede basarse en buenas razones de ninguna clase, ni factuales ni de otro tipo"⁹ ... "Los debates en torno a tales elecciones, me atribuyeron mis críticos, deben ser '*por mera persuasión, sin sustancia deliberativa*'"⁹⁷ ... "Afirmaciones así manifiestan un malentendido total" (Kuhn, 1983, pp. 344-5).

Con el fin de disipar esos malentendidos sobre sus tesis de 1962, Kuhn se propuso responder a una pregunta que resulta particularmente interesante para nuestro objetivo en este capítulo: ¿cuáles son las características de una buena teoría científica? Conviene subrayar que Kuhn se preguntó sobre cuándo una teoría es *buena* (o mala), y no cuándo es verdadera o falsa. Al proceder así, Kuhn apuntó a la existencia de valores científicos más amplios que los puramente epistémicos, como trataremos de mostrar a continuación.

Kuhn propuso inicialmente cinco características para dilucidar si una teoría es buena: *precisión, coherencia, amplitud, simplicidad y fecundidad*. Aunque repetidas veces señala que esas cinco características no son exhaustivas, y que podrían usarse otros listados, Kuhn insistió en que "estas cinco características son criterios estándar para evaluar la suficiencia de una teoría" (*Ibid.*, p. 346). Su argumentación sobre cada una de ellas fue la siguiente:

"En primer término, una teoría debe ser precisa: esto es, dentro de su dominio, las consecuencias deducibles de ella deben estar en acuerdo demostrado con los resultados de los experimentos y las observaciones existentes. En segundo lugar, una teoría debe ser coherente, no sólo de manera interna o consigo misma, sino también con otras teorías aceptadas y aplicables a aspectos relacionables de la naturaleza. Tercero, debe ser amplia: en particular las consecuencias de una teoría deben extenderse más allá de las observaciones, leyes o subteorías particulares para las que se destinó en un principio. Cuarto, e íntimamente relacionado con lo anterior, debe ser simple, ordenar fenómenos que, sin ella, y tomados uno por uno, estarían aislados y, en conjunto, serían confusos. Quinto —aspecto algo menos frecuente, pero de importancia especial para las decisiones científicas reales—, una teoría debe ser fecunda, esto es, debe dar lugar a nuevos resultados de investigación: debe revelar fenómenos nuevos o relaciones no observadas antes entre las cosas que ya se saben" (*Ibid.*, pp. 345-6).

Ninguno de estos criterios basta por sí solo para elegir entre dos paradigmas rivales. Y lo que es más: esa lista de criterios resulta ambigua a la hora de ser aplicada, tanto individual como colectivamente. Dos científicos distintos pueden obtener valoraciones diferentes respecto de una misma

teoría a pesar de usar un mismo criterio, como por ejemplo el de fecundidad o el de coherencia. Y desde un punto de vista colectivo, algunos criterios pueden oponerse a otros a la hora de evaluar teorías. Por eso Kuhn concluyó que:

"toda elección individual entre teorías rivales depende de una mezcla de factores objetivos y subjetivos, o de criterios compartidos y criterios individuales. Como esos últimos no han figurado en la filosofía de la ciencia, mi insistencia en ellos ha hecho que mis críticos no vean mi creencia en los factores objetivos" (*ibid.*, p. 349)TM.

El proceso de evaluación de teorías científicas rivales resulta ser mucho más complejo de lo que creyó la filosofía empirista de la ciencia. La valoración de un descubrimiento o de una nueva aportación científica no se lleva a cabo en función de un criterio único, como el mayor grado de corroborabilidad o de falsabilidad. Los científicos poseen sus propias tablas de valores a la hora de enjuiciar las innovaciones, y por eso hay que distinguir, según Kuhn entre "criterios, reglas, máximas y valores" (*Ibid.*, p. 349).

Nos interesa sobre todo su distinción entre reglas y valores, porque esto le permitió afirmar que los criterios de elección entre teorías, y en concreto los cinco precedentes, funcionan como valores incompletos, y no como reglas de decisión. Científicos adscritos a los mismos valores pueden hacer valoraciones muy distintas de las teorías porque la aplicación de esos valores a la hora de enjuiciar las innovaciones científicas no es determinista, ni individual ni colectivamente. Si a la lista de cinco le añadiéramos un sexto valor, la utilidad social, las elecciones cambiarían, pareciéndose más a las que podría hacer un ingeniero: "las diferentes disciplinas se caracterizan, entre otras cosas, por conjuntos diferentes de valores compartidos" (*ibid.*, p. 355).

La racionalidad científica depende así de una pluralidad de valores compartidos, cuya combinación fluctuante suscita la elección de unas teorías frente a otras. Contrariamente a aquellos autores que han tratado de aplicar la teoría de la decisión al problema de la evaluación de teorías científicas", para Kuhn no existe ningún algoritmo compartido de elección racional que pudiera dilucidar sobre la mayor o menor científicidad de las teorías científicas en virtud de su grado de corroboración (Carnap), de su grado de falsabilidad (Popper), de su aproximación a la verdad

⁹ D. Shapere, "Meaning and Scientific Change", en R.G. Colodny (ed.), *Mind and Cosmos*, Pittsburgh, University of Pittsburgh Press, 1966, p. 67.

⁹⁷ I. Scheffler, *Science and Subjectivity*, Indianapolis, 1967, p. 81.

TM *Ibid.*, p. 349

^w Véase, por ejemplo, los capítulos 13 y 14 de la obra de R.N. Giere, *Understanding Scientific Reasoning*, New York, Holt, Rinehart & Winston, 1979.

(escuela de Helsinki) o de su capacidad para la resolución de problemas (Laudan). La actividad científica en el contexto de innovación está regida por una pluralidad de valores, cada uno de los cuales genera criterios y reglas de evaluación diversos según los diferentes científicos y equipos investigadores:

"los criterios de elección con los cuales comencé no funcionan como reglas que determinan decisiones a tomar, sino como valores que influyen en éstas" ... "valores como la precisión, la coherencia y la amplitud pueden resultar ambiguos al aplicarlos, tanto individual como colectivamente; esto es, pueden no ser la base suficiente para un algoritmo de elección *compartido*" (Kuhn, 1983, p. 355).

Esta es la respuesta básica que dio Kuhn a sus críticos; pero a nosotros no nos interesa tanto esa polémica, sino la constatación de que la investigación científica, y en concreto la elección entre teorías rivales, que Kuhn consideró como un "problema filosófico primordial" (*Ibid.*, p. 358), está regida por una pluralidad de valores como los siguientes:

- precisión (o exactitud, o aproximación)
- coherencia (o consistencia)
- universalidad (o generalidad, o amplitud)
- simplicidad (o elegancia, o belleza)
- fecundidad (o progresividad, en el sentido de Lakatos)
- ajuste (o adecuación) a la naturaleza (o a los datos)
- utilidad social
- etc.

Esta axiología de la ciencia a la que apunta Kuhn en relación al contexto de innovación tiene tres características de gran interés, que la distancian de otras muchas axiologías utilizadas implícitamente por los filósofos de la ciencia de tradición neopositivista o analítica: no es una axiología monista; no es reduccionista; no es fundacionista. Como vimos en el primer capítulo, algunos sociólogos de la ciencia han tratado de explicar la actividad científica, y en concreto los procesos de elección entre teorías rivales, en función de intereses, y exclusivamente de intereses. Para ello han apelado con frecuencia a las propuestas de Kuhn. Sin embargo, puede comprobarse en estos textos que, para él, los valores que orientan la actividad investigadora de los científicos no determinan sus opciones teóricas ni sus criterios de elección, sino que simplemente influyen sobre los mismos. Lo esencial es buscar un cierto equilibrio, que siempre será dinámico, entre las diversas tentativas de realización de esos valores que los científicos pueden llevar a cabo a través de sus investigaciones y de sus propuestas teóricas. Contrariamente a lo que algunos filósofos más recientes han afirmado (Laudan, Chalmers, etc.), la ciencia no tiene un objetivo

único del tipo "aproximarse a la verdad", "conocer el mundo natural", "resolver problemas", etc. La actividad científica está regida en el contexto de investigación por una pluralidad de valores, como veremos con mayor detalle en el capítulo siguiente.

Antes de abandonar este breve comentario sobre Kuhn, conviene subrayar uno de los tres problemas que señaló al final de su conferencia de 1973: la invariancia de los "valores científicos", entendiendo por tales los valores que rigen la investigación científica. Al respecto Kuhn afirmó lo siguiente:

"En todo este artículo he venido suponiendo implícitamente que, independientemente de su origen, los criterios o los valores empleados en la elección de teoría son fijos de una vez y para siempre, y que no resultan afectados al intervenir en las transiciones de una teoría a otra. En términos generales, pero sólo muy generales, supongo que tal es el caso. Si se conserva breve la lista de valores pertinentes —mencioné cinco, no todos ellos independientes— y si se mantiene vaga su especificación, entonces valores como la precisión, la amplitud y la fecundidad son atributos permanentes de la ciencia. Pero basta con saber un poco de historia para sugerir que tanto la aplicación de estos valores como, más obviamente, los pesos relativos que se les atribuyen, han variado marcadamente con el tiempo y también con el campo de aplicación. Además, muchas de estas variaciones de los valores se han asociado con cambios particulares de la teoría científica. Aunque la experiencia de los científicos no justifica filosóficamente los valores que sustentan —tal justificación resolvería el problema de la inducción—, tales valores se han aprendido en parte de la experiencia y han evolucionado con la misma" (*Ibid.*, p. 359).

El propio Kuhn señala a continuación que es preciso estudiar más a fondo este tema. Los valores científicos han cambiado a lo largo de la historia, tanto por su gradación como por su expansión. Algunos valores adquieren mayor peso en determinadas circunstancias históricas: baste recordar los profundos *cambios axiológicos* que experimenta la actividad investigadora en tiempos de guerra. Otros se propagan de unas disciplinas a otras, contribuyendo poderosamente a la aparición de nuevas disciplinas científicas: la matematización de las ciencias, entendida como un valor, y no simplemente como un método formalizador, representa un buen ejemplo, que el propio Kuhn menciona:

"La precisión como valor ha venido denotando cada vez más, con el tiempo, concordancia cuantitativa o numérica, a veces a expensas de la concordancia cualitativa. Antes de los tiempos modernos, sin embargo, la precisión en ese sentido era un criterio sólo para la astronomía, la ciencia de la región celeste. No se esperaba encontrarla en ninguna otra parte. En el siglo XVII, sin embargo, el criterio de concordancia numérica se extendió a la mecánica; a fines del siglo XVIII y principios del XIX pasó a la química y a otros campos como los de la electricidad y el calor, y en este siglo a muchas partes de la biología. O piénsese en la utilidad, valor que no figuró en mi primera lista. Ha venido figurando significativamente en el desarrollo científi-

co, pero con mayor fuerza y de manera más estable para los químicos que para, digamos, los matemáticos y los físicos. O considérese la amplitud. Sigue siendo un valor científico importante, pero los grandes avances científicos se han logrado una y otra vez a expensas del mismo, y correspondientemente ha disminuido el peso atribuido a él en épocas de elección" (*Ibid.*, pp. 359-60).

No cabe hablar de una tabla permanente de valores científicos. Lo que Kuhn propone es un estudio histórico de los mismos, que hasta el momento está muy lejos de haber sido llevado a cabo. En cualquier caso, no cabe duda de que la racionalidad científica, según Kuhn, ha de basarse en una axiología de la ciencia, y no sólo en una metodología ni en una epistemología.

En el presente libro se intentarán dar algunos pasos en esta dirección, aunque prescindiendo de estudios históricos minuciosos, que sería imposible intentar afrontar aquí. Como ya vimos en el apartado sobre Popper, y ratificamos ahora, cuestiones que han sido consideradas tradicionalmente como metodológicas o epistemológicas revelan nuevas facetas cuando son consideradas desde un prisma axiológico. No es lo mismo considerar la matematización de las ciencias como un método que vincular dicha metodología a los valores de rigor demostrativo y precisión conceptual y operativa que triunfaron en el ámbito de las matemáticas desde la emergencia de estas ciencias en Grecia: el *more geométrico* trajo consigo la primacía de una determinada tabla de valores científicos, que posteriormente fue siendo implementada y corregida por otras tablas de valores, como los precedentes de las ciencias baconianas o del criticismo kantiano. El avance de la estadística y de los métodos bayesianos no es ajeno a la afirmación de nuevos criterios de valoración de la actividad científica.

Nuestro objetivo consiste en mostrar que algunos de los valores que rigen la actividad científica (en sus diversos contextos), tienen un claro origen filosófico, incluyendo en este análisis los criterios normativos introducidos por diversos filósofos de la ciencia (como Popper) a lo largo del siglo XX. De esta manera intentaremos relativizar la distinción entre una filosofía normativa de la ciencia y una filosofía descriptiva (o explicativa) de la ciencia. En la medida en que no se reduzca a metodología o a epistemología y se atreva a entrar en el debate axiológico que ocupa a los propios científicos, tanto en la práctica de laboratorio como en algunas de las principales controversias en torno a los valores que rigen la actividad científica, la filosofía de la ciencia obtendrá un nuevo ámbito de desarrollo.

1115. AXIOLOGÍA, METODOLOGÍA Y FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

Las tesis de Kuhn han tenido honda repercusión en la reciente filosofía de la ciencia, y sus concepciones sobre los paradigmas y los valores no son una excepción. Buena parte del debate ulterior se ha centrado en el tema de los objetivos de la ciencia y en su influencia sobre las reglas metodológicas. Sin embargo, también ha habido autores que se han aventurado a hacer algunas propuestas sobre la axiología de la ciencia. En este apartado consideraremos algunas de las posturas más significativas entre los filósofos de la ciencia en la década de los 80, que iremos contrastando con nuestras propias propuestas.

III.5.1. Los valores epistémicos, según Laudan

En 1984 Larry Laudan publicó un libro con el sugestivo título *Science and Values*, pero desde las primeras páginas anunciaba, con tono un tanto peyorativo, que no iba a ocuparse de las relaciones entre la ciencia y la ética, sino que se centraría exclusivamente en los valores epistémicos:

"No tengo nada que decir sobre los valores éticos como tales, puesto que manifiestamente no son los valores predominantes en la empresa científica. Ello no equivale a decir que la ética no juegue papel alguno en la ciencia; por el contrario, los valores éticos siempre están presentes en las decisiones de los científicos y, de manera muy ocasional, su influencia es de gran importancia. Pero dicha importancia se convierte en insignificancia cuando se compara con el papel omnipresente (*ubiquitous*) de los valores cognitivos. Una de las funciones de este libro consiste en corregir el desequilibrio que ha llevado a tantos escritores recientes sobre la ciencia a estar preocupados por la moralidad científica más que por la racionalidad científica, que será mi tema central" (Laudan, 1984, p. XII).

El libro de Laudan tiene a Kuhn como punto de referencia principal. Ante las múltiples e interesantes sugerencias del autor de *La estructura de las revoluciones científicas*, Laudan se propuso elaborar una teoría unificada de la racionalidad científica, que fue desarrollada con mayor amplitud en su libro previo *Eí progreso y sus problemas*¹⁰⁰. Allí se había afirmado que "la ciencia es, en esencia, una actividad de resolución de problemas" (*Ibid.*, p. 39), tesis en la que Laudan coincidía explícitamente con Popper y con Kuhn. Resolver problemas no se reduce a explicar hechos: hay numerosos hechos que durante largo tiempo no suponen problema científico alguno. Por otra parte, Laudan se desmarcaba de Popper al afirmar que "la verdad y la falsedad son irrelevantes para la resolución de problemas"

¹⁰⁰ Publicado en 1977. Existe traducción española en Madrid, Encuentro, 1986.

(*Ibid.*, p. 54). Las propuestas de Popper y de sus seguidores de la escuela de Helsinki en búsqueda de una definición de las nociones de *verdad* y de *verosimilitud* le parecían insatisfactorias, y por eso propuso una nueva teoría unificadora de la ciencia basada en un nuevo objetivo de la ciencia, la resolución de problemas:

"el objetivo de la ciencia consiste en obtener teorías con una elevada efectividad en la resolución de problemas" (*Ibid.*, p. 11).

Para desarrollar su teoría del progreso científico, Laudan tenía que afrontar inexorablemente dos cuestiones: la evaluación de problemas y la evaluación de teorías en tanto resolutorias de problemas. Siendo consciente de que los criterios de evaluación que usan los científicos cambian a lo largo de la historia, Laudan se vio llevado a afirmar un criterio de racionalidad basado en la idea de progreso: "la racionalidad consiste en la elección de teorías más progresivas" (*Ibid.*, p. 33). En ello coincidía casi por completo con Lakatos, quien, desarrollando a su vez algunas de las ideas de Popper, había llegado a identificar prácticamente la ciencia y el progreso¹⁰¹. Sin embargo, la concepción que tiene Laudan del progreso científico resulta más explícita que la de Lakatos, y tiene que ver estrictamente con la capacidad de resolver problemas. Según él:

"En el modelo de resolución de problemas, este análisis (el de coste/beneficio) opera como sigue: evaluar, para cada teoría, el número y la importancia de los problemas empíricos que se sabe resuelve; análogamente, analizar el número y la importancia de sus anomalías empíricas; por último, evaluar el número y la trascendencia de sus problemas conceptuales" ... "nuestro principio del progreso nos aconseja preferir la teoría que más se acerca a resolver el mayor número de problemas empíricos importantes, al tiempo que genera el menor número de problemas conceptuales y anomalías relevantes" (Laudan, 1986, p. 16).

Pudiera llamar la atención este recurso a la teoría económica de la racionalidad basada en los modelos de coste y beneficio, pero en las últimas décadas no resulta inhabitual encontrarse con este tipo de posturas entre los filósofos de la ciencia¹⁰². Puesto que toda teoría puede resolver problemas, por una parte, pero también puede generar nuevos problemas

¹⁰¹ Véase I. Lakatos, *La metodología de los programas de investigación científica*, Madrid, Alianza, 1983, p. 54. Para un estudio más amplio de las ideas de Lakatos véase J. Echeverría (1989), cap. 5, así como las menciones que haremos a su falsacionismo sofisticado en el capítulo siguiente.

¹⁰² En este sentido destaca G. Radnitzky, quien aplicó los métodos de coste y beneficio (*cost-benefit analysis*, CBA) a cuestiones relevantes de la metodología de la ciencia. Para él, por ejemplo, el problema de la base empírica, central para la concepción heredada, debe de ser tratado como un problema de inversiones: si merece la pena invertir tiempo y esfuerzo en pro-

(y entre ellos anomalías para los postulados de dicha teoría), la concepción laudaniana del progreso científico puede resumirse diciendo que la racionalidad científica consiste en maximizar los problemas resueltos y en minimizar las anomalías. Una tradición de investigación es progresiva en la medida en que maximiza la relación entre el beneficio epistémico y el coste epistémico. Puesto que la ciencia cuenta en todo momento, según Laudan, con tradiciones de investigación rivales "", la evaluación entre teorías alternativas será racional si se opta por la más progresiva en el sentido antedicho:

"a la hora de evaluar los méritos relativos de las teorías, la clase de los problemas no resueltos es del todo irrelevante. Lo que importa a efectos de la evaluación de las teorías son sólo los problemas que han sido resueltos, no necesariamente por la teoría en cuestión, sino por alguna teoría conocida" (Laudan, 1986, p. 51).

La historia de la ciencia se presenta así como una competencia entre teorías y tradiciones de investigación rivales, expertas en la tarea de resolver problemas. A pesar de la semejanza básica entre sus propuestas y las de Lakatos, Laudan insiste menos en lo que Lakatos llamaba *heurística positiva* de un programa de investigación, es decir en la capacidad para proponer problemas nuevos y sugerentes¹⁰⁴.

En relación a los criterios axiológicos que se utilizan para evaluar las teorías y los problemas, Laudan sólo se ocupa de los valores epistémicos (verdad, coherencia, simplicidad y fecundidad predictiva), o, como también dice, de la "*evaluación cognoscitivamente racional*" (Laudan, 1986, p. 63). Puede haber problemas muy importantes desde un punto de vista político o económico, pero éstos pertenecen a "las dimensiones no racionales de la evaluación de problemas" (*Ibid.*). La filosofía de la ciencia no debe ocuparse de estas cuestiones, seguramente porque, según Laudan, desbor-

cesar un enunciado básico particular para falsar una hipótesis de la teoría que queremos cotejar. Véase su artículo "The Economics of Scientific Progress", *Annals of the Japan Association for Philosophy of Science*, 7:2 (Marzo de 1987), pp. 85-99.

¹⁰¹ En este punto se opone a la concepción kuhniana de la ciencia normal. Para Laudan, por muy predominante que pueda ser un paradigma en un momento histórico dado, siempre tiene presentes paradigmas rivales, aunque estén marginados desde el punto de vista de la comunidad científica. En cuanto al concepto de anomalía, Laudan también difiere de Kuhn: para una teoría determinada, un problema es una anomalía si no puede ser resuelto por dicha teoría, pero sin embargo sí se resuelve mediante otra teoría rival. Así, hay tres tipos de problemas: resueltos, no resueltos y anómalos.

¹⁰⁴ Véase I. Lakatos, *o.c.* (1983), pp. 66-69. Newton-Smith ya había criticado la noción lakatosiana de heurística positiva, porque le parecía incompatible con una ontología realista. Ver su obra *La racionalidad de la ciencia*, Barcelona, Paidós, 1987, pp. 98 *seq.*

dan el ámbito cognitivo o epistémico. A la hora de evaluar filosóficamente las teorías y las tradiciones de investigación, lo único que importa es la progresividad, en el sentido ya explicitado, y la adecuación, es decir la eficacia para resolver problemas epistémicos.

Comenzamos así a comprobar a dónde llevan las epistemologías que, indagando la racionalidad científica, insisten en ser empiristas¹⁰⁵ y siguen enfrascadas en el problema de la demarcación, pretendiendo, antes que nada, hallar un dominio propio y exclusivo para la filosofía de la ciencia. Afirmar que las prioridades investigadoras de una institución pública o de una empresa de I + D no son cognoscitivamente racionales equivale a reducir el concepto filosófico de la racionalidad científica a su mínima expresión. Ante el empuje de los diversos modos de estudiar la ciencia actualmente existentes (la historia, la sociología, la antropología, la ética, la filosofía política, etc.) reducir el papel de la filosofía de la ciencia a la evaluación de las cuestiones epistémicas equivale a renunciar por completo a analizar la praxis científica en toda su complejidad, por una parte, y a negarse a entrar en debates propiamente filosóficos con los demás expertos en los *Science Studies*. Curiosamente, estas opciones filosóficas que reducen la filosofía de la ciencia a una filosofía del conocimiento científico, suelen luego reivindicar la dialéctica y la pluralidad de concepciones rivales como signo de la racionalidad y del progreso. A la hora de pronunciarse sobre cuestiones absolutamente candentes en la actividad científica actual, en cambio, prefieren guardar un silencio wittgensteiniano.

Podríamos mencionar un ejemplo, para ser por una vez empiristas. Es sabido que la emergencia de los primeros ordenadores digitales electrónicos tuvo lugar en plena Segunda Guerra Mundial¹⁰⁶, y que el primer prototipo (el ENIAC) fue utilizado prioritariamente para el cálculo de trayectorias de proyectiles y para el proyecto Manhattan, que condujo a la fabricación de la bomba atómica. Una vez terminada la guerra, von Neumann presentó a la *Navy* norteamericana un macroproyecto de inves-

¹⁰⁵ *ibid.*, p. 39: "la metodología y la epistemología de la ciencia, cuyo asunto central es la valoración de las varias reglas de investigación y de validación, deberían ser concebidas, mucho más allá de lo que suelen serlo normalmente, como disciplinas empíricas".

¹⁰⁶ A finales de 1945 y principios de 1946 en la Moore School de Pennsylvania, gracias a un equipo de investigadores procedentes de los más diversos campos científicos (que incluía militares, como Goldstine), en el que destacaban von Neumann, Eckert, Cunningham y Mauchly. Véase el libro de William Aspray, *John von Neumann and the Origins of Modern Computing*, Cambridge, MIT Press, 1990, para un estudio detallado de la construcción de los primeros ordenadores.

tigación en el que se proponía construir toda una serie de máquinas que podrían ser usadas en muy diversos campos de aplicación, científicos, militares y civiles. Ciertamente, von Neumann insistió en que la primera de ellas, EDVAC, debería de estar dedicada exclusivamente al cómputo científico. Pero aparte de esta máquina, que finalmente fue construida en la Universidad de Princeton, se construyeron otras muchas similares¹⁰⁷, que fueron usadas para los fines más diversos. De hecho, algunos miembros del equipo inicial de la Moore *School* se escindieron y decidieron fabricar y patentar su propio ordenador electrónico para distribuirlo y venderlo entre las empresas públicas y privadas, dando lugar a la creación de una de las grandes empresas de informática de aquella época, UNIVAC.

¿Hasta qué punto se puede estudiar este importante proceso de cambio científico desde las posturas de Laudan?

Desde luego, no cabe duda de que fue un progreso epistémico importante: todavía estamos inmersos en la tradición de investigación originada por la llamada *arquitectura von Neumann* en la construcción de ordenadores, y de ella han surgido numerosas teorías y problemas científicos nuevos, buena parte de los cuales han sido resueltos. Numerosos problemas científicos que no eran resolubles mediante el análisis matemático clásico (ecuaciones en derivadas parciales para simular trayectorias de proyectiles o fenómenos de dinámica de fluidos que ocurren en procesos como la explosión de una bomba) pudieron ser afrontados (y resueltos) en base a las nuevas teorías computacionales y al nuevo instrumento que las encarnaba. Aparentemente, la emergencia de los ordenadores responde a la perfección al modelo de resolución de problemas propuesto por Laudan. Precisamente por ello resultaría filosóficamente irracional que los epistemólogos y los metodólogos sólo se preocuparan de estudiar los aspectos epistémicos de este proceso de cambio científico, que debe ser considerado como paradigmático para una filosofía actual de la tecnociencia, y renunciaran a estudiarlo en toda su complejidad.

Las posiciones defendidas en esta obra difieren radicalmente de las de Laudan, precisamente porque desde posturas como las del pensador americano se defiende una filosofía de la ciencia a la que podríamos calificar de *ciega* y *manca*. Así como la aparición de la teoría de la relatividad y de la mecáni-

¹⁰⁷ El AVIDAC en el Argonne National Laboratory, el ILLIAC en la Universidad de Illinois, el JOHNNIAC en la RAND Corporation, el MANIAC en el Laboratorio Científico de Los Alamos, el ORACLE en el Oak Ridge National Laboratory y el ORDVAC en los Aberdeen Proving Grounds.

ca cuántica desempeñaron un papel importantísimo en la emergencia de la moderna filosofía de la ciencia (con el círculo de Viena y con Popper), así también el desarrollo de la ciencia en la segunda mitad de este siglo ha traído consigo la emergencia de nuevas teorías científicas y de nuevas implementaciones tecnológicas de las teorías científicas (como los ordenadores, los satélites artificiales o la ingeniería genética) que plantean nuevos desafíos conceptuales a las personas que se ocupan de lo que genéricamente suele llamarse *estudios sobre la ciencia*. En este contexto de cambio científico, resulta al menos paradójico que filósofos de la ciencia que se autodenominan empiristas sigan renunciando a ocuparse de los aspectos no epistémicos de la actividad científica, y mucho más si se piensa que esos otros factores (objetivos, valores, reglas de actuación, métodos de investigación, artefactos aplicados y técnicas docentes, entre otros) son considerados como *cognoscitivamente no racionales*. La tradición humeana y kantiana, que separó estrictamente la filosofía pura y la filosofía práctica, ha pesado como una losa en el desarrollo de la filosofía de la ciencia en el siglo XX.

III.5.2. El objetivo de la ciencia, según Chalmers

Alan Chalmers ha publicado en los años 80 dos obras sobre filosofía de la ciencia que han tenido una amplia repercusión^m. Sus posturas generales se inscriben en la tradición popperiana y, en relación al tema del progreso científico, mantiene posturas próximas a las de Lakatos y Laudan, quienes, a su vez, habían desarrollado aspectos menos explícitos en el pensamiento de Popper.

Para el tema que tratamos en este apartado nos interesan en particular sus concepciones sobre la finalidad y el objetivo de la ciencia. Sus tesis se presentan en tres fases. En un primer momento, Chalmers se centra en la física y afirma que:

"En este libro ... pretendo especificar cuál es la *finalidad* u *objetivo* de la ciencia. La finalidad de la ciencia física es establecer teorías y leyes sumamente generales aplicables al mundo. En qué medida esas teorías y leyes sumamente generales son aplicables al mundo ha de establecerse enfrentándolas al mundo del modo más exigente posible, dadas las técnicas prácticas existentes. Además, se entiende que la generalidad y grado de aplicación de las teorías y leyes está sujeto a una mejora continua" (Chalmers, 1992, p. 9).

En un segundo momento, Chalmers amplía esta concepción a la ciencia general, pero introduciendo una matización particularmente importante:

"se puede entender la finalidad de la ciencia como la producción de conocimiento del mundo, mientras que se puede considerar que la finalidad de la ciencia física, de la que me ocupó en este libro, es la producción de conocimiento del mundo físico, en tanto opuesto al social o humano"TM,

pero con esta precisión adicional:

"parte importante de la finalidad de la ciencia moderna está constituida por la extensión de los medios de intervenir y controlar prácticamente el mundo físico" (Ibid., p. 34).

Por consiguiente, para Chalmers la finalidad de la ciencia no es sólo la producción de conocimiento, sino que, siguiendo quizá las tesis de Hacking, acepta un segundo objetivo de la actividad científica de los físicos: intervenir y controlar el mundo físico. No resulta arriesgado pensar que también los economistas, los biólogos y los químicos pretenden otro tanto en sus respectivos ámbitos de actuación.

Curiosamente, no parece interesarse por las razones por las cuales los físicos, u otros científicos, intervienen en y tratan de controlar el mundo. La respuesta más obvia, apuntada ya en el último apartado del primer capítulo y formulada por el pensamiento ilustrado, parecería ser la siguiente: los científicos modifican e intentan controlar el mundo para mejorarlo, es decir, para beneficio de la humanidad, o de ellos mismos, o de los grupos sociales que apoyan a los científicos en su tarea. Asimismo cabría pensar que, en la medida en que la ciencia tiene dos objetivos, uno plenamente afirmado por Chalmers, y el otro al menos reconocido, conviene que nos preguntemos por las relaciones existentes entre esos dos objetivos, dado que no se confunden entre sí.

Sin embargo, Chalmers parece rehuir esta última cuestión, puesto que en otro pasaje afirma:

"No existe un punto arquimediano desde el que construir y valorar el conocimiento. No tenemos más alternativa que comenzar donde se está, e intentar añadir o mejorar el conocimiento disponible, utilizando o mejorando los métodos a mano. Hay que valorar las nuevas afirmaciones de conocimiento en el trasfondo de lo que ya se conoce o se acepta. Es decir, han de ser juzgadas por la medida en que suponen una mejora de lo que había antes" (Ibid., p. 48)"^o.

Por una parte, esta tesis resulta muy sensata, aunque parezca introducir una nueva forma de relativismo. El progreso científico siempre se evalúa

^m Ibid., p. 29. Chalmers se refiere explícitamente a Popper (1979, pp. 191-205), Laudan (1984) y Watkins (1985) como filósofos que también justifican sus metodologías en base a sus respectivas teorías sobre el objetivo de la ciencia.

¹⁰ Ibid., p. 48.

^{**} A. Chalmers, *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?*, Madrid, Siglo XXI, 1982 y *La ciencia y cómo se elabora*, Madrid, Siglo XXI, 1992.

relativamente al estadio anterior de la ciencia, y no en términos absolutos. La inexistencia de un punto arquimediano desde el cual evaluar la ciencia en la globalidad de su decurso histórico se adecúa bien con las posiciones popperianas de Chalmers. Pero, por otra parte, para nada se mencionan las aplicaciones que puede tener el conocimiento científico en la transformación y la mejora del mundo, lo cual pudiera apuntar a un criterio de evaluación relativamente arquimediano. Aunque muchos científicos puedan pensar que la mejora de la ciencia heredada es un imperativo (¿moral o epistémico?) por sí mismo, también puede haber otros que consideren que la mayor o menor utilidad social de la ciencia puede constituir un fulcro filosófico-social desde el cual se puede evaluar incluso el progreso del conocimiento científico. Chalmers no acaba de adentrarse en este debate, que resulta absolutamente clave en Política Científica.

Dado que, siguiendo a Rorty, pero aceptando las críticas que Hacking le hizo a este último, Chalmers no piensa que la filosofía de la ciencia deba de indagar los fundamentos de la ciencia (*Ibid.*, p. 48), y que acepta que los criterios de valoración de lo que es mejorar el conocimiento científico han variado a lo largo de la historia¹¹, hasta el punto de afirmar que:

"las normas están sujetas a cambio a la luz de los logros prácticos" (*Ibid.*, p. 26), e incluso que:

"ni siquiera nuestras más santificadas normas lógicas están universalmente dadas"¹²,

pudiera pensarse que estamos ante un defensor del relativismo.

No es así. Desde nuestro punto de vista, Chalmers ha afirmado algo extraordinariamente importante, a saber: que la práctica científica puede modificar las normas metodológicas. Esta tesis es coherente con la evolución de la más reciente filosofía de la ciencia hacia una mayor valoración de la praxis científica, como ya mencionamos en el caso de la concepción estructural. En el caso de Chalmers, las afirmaciones anteriores se compaginan bien con sus posturas realistas y antirrelativistas, debido a su concepción de la objetividad científica, que, siendo de inspiración popperiana, posee un matiz propio de gran relevancia:

"lo que conduce a la objetividad y a creer en los informes observacionales son los resultados de nuestras intervenciones prácticas" (*Ibid.*, p. 60).

¹¹ Chalmers, *o.c.*, p. 17: "La naturaleza del conocimiento científico, el modo en que se ha de justificar apelando a la razón y a procedimientos observacionales, cambia históricamente".

¹² *Ibid.*, p. 28. Con ese cambio de las normas lógicas alude a la lógica de la mecánica cuántica, que es una lógica no clásica.

Para explicar esta tesis novedosa, al menos para la tradición de la filosofía analítica de la ciencia, Chalmers rechaza explícitamente las tesis "consensualistas" que han defendido numerosos sociólogos de la ciencia. Reinterpretando a Chalmers, podríamos decir que, si bien es cierto que los procesos de discusión y de consenso son continuos a lo largo de las distintas fases de la actividad científica (y no sólo en los laboratorios), ello no equivale a decir que la objetividad científica (entendida como intersubjetividad, al modo de Popper), se agote en esos procesos consensuales:

"Esta idea consensual de los enunciados observacionales pasa por alto la importancia que tienen en la ciencia la destreza y el entrenamiento en la observación" ... "La aceptabilidad de un enunciado observacional no se ha de atribuir al simple hecho de que los expertos estén de acuerdo. Lo fundamental es la medida en que el enunciado es capaz de resistir las pruebas objetivas" (*Ibid.*, p. 61).

Conviene subrayar lo que esto implica. Previamente a los procesos consensuales, los científicos han debido mostrar una considerable competencia práctica en el manejo de múltiples instrumentos y aparatos. El contexto de educación, por decirlo en nuestro términos, siempre es previo a cualquier actividad científica. Independientemente de que pueda haber numerosos puntos de divergencia entre los investigadores en un laboratorio, como bien han indicado los sociólogos y los etnometodólogos, lo que nadie puede negar es que, cuando juegan con un aparato¹³, están de acuerdo en las reglas de juego, aunque luego puedan discutir los resultados de la partida. La experimentación, y otras muchas actividades científicas, han sido *previamente objetivadas* en el contexto de educación: son intersubjetivas *a fortiori*. A partir de ello surgirán quienes pretendan hacerlo mejor que los otros (medir, observar, nombrar, proponer hipótesis, argumentar y discutir mejor); pero aunque Bellarmino y Galileo no vieran lo mismo a través del telescopio (como sostuvo Hanson, y también Kuhn), en lo que sí tienen que estar perfectamente de acuerdo es en la manera de manejar el telescopio: no vaya a ser que no vieran lo mismo porque uno alteraba las lentes del otro, o porque no miraban al mismo sitio. La insistencia de Kuhn y de los sociólogos de la ciencia en los procesos de disenso y de consenso entre científicos ha suscitado grandes debates sobre la inconmensurabilidad (entre paradigmas, percepciones, enunciados, leyes, teorías, etc.). De lo que nadie ha hablado es de una inconmensurabilidad en el manejo mismo de los aparatos (que no en la interpretación de sus datos). En este

¹³ También los juegos de experimentación científica tienen un "aire de familia", por decirlo en palabras del segundo Wittgenstein.

sentido, Chalmers pone el dedo en la llaga cuando afirma (y subraya) que:

"la objetividad es un logro práctico" (Ibid., p. 62),

para retomar a continuación la vieja tesis de Popper:

"Las observaciones de Galileo eran objetivas en el sentido de que implicaban procedimientos rutinarios que, si se repitieran hoy en día, darían los mismos resultados que obtuvo Galileo" (*Ibid.*, pp. 76-77).

Siempre que manejáramos los instrumentos conforme a las mismas reglas prácticas con las que Galileo lo hacía, podríamos apostillar. Por consiguiente, Chalmers, como Popper, afirma que, a partir de un experimento o de una observación científica, los resultados observacionales pueden "ser objetivos en el sentido de que cualquiera que los repitiera obtendría resultados similares" (*Ibid.*, p. 81)⁴.

Por nuestra parte, podríamos glosar estas tesis de Chalmers de la manera siguiente: la ciencia produce resultados (de observación, de medida, de cálculo, de deducción, etc.) objetivos, precisamente porque recurre a instrumentos de todo tipo que, siendo usados de manera similar por los científicos, y siendo transcritos sus resultados a sistemas de signos que también son objetivos (en el sentido de intersubjetivos), dan lugar a representaciones (escritas) compartidas, sobre cuyo significado e interpretación pueden luego discutir los científicos. La actual ciencia tecnologizada implica estos procesos objetivos cada vez que un ordenador procesa los datos que le ha suministrado un satélite artificial, o cualquier otro instrumento de observación a distancia.

Para Chalmers, toda esta argumentación sirve para criticar las posturas relativistas en torno a la ciencia:

"Las afirmaciones anteriores ... son suficientes para ayudar a combatir las formas más extremas de escepticismo y relativismo. En concreto, se pueden apreciar cambios en métodos sustantivos, normas y, si se desea, paradigmas, desde el punto de vista de la medida en que promueven la finalidad de producción de conocimiento mejorado y ampliado" (*Ibid.*, p. 81).

Todo lo cual le permite llegar a su tercer y último momento de exposición de su teoría sobre el objetivo de la ciencia, concluyendo que:

"Se puede resumir lo esencial de mi posición con respecto a las elucidaciones relativistas o escépticas de la ciencia de la manera siguiente. La finalidad de las ciencias naturales es ampliar y mejorar nuestro conocimiento general del funcionamiento del mundo natural. Se puede calibrar la adecuación de nuestros intentos en este sentido contrastando nuestras afirmaciones de conocimiento con el mundo, mediante las pruebas experimentales y observacionales más exigentes de que dispongamos. Aunque no hay un método

universal ni un conjunto de normas que estén por encima de esta búsqueda de conocimiento, y aunque siempre existe la posibilidad de que la finalidad se vea frustrada por la entrada subrepticia de otros intereses con diferentes finalidades, esa finalidad se puede lograr, y a menudo se obtiene. El mundo natural es como es, independientemente de la clase, raza o sexo de quienes intentan conocerlo, y el mérito científico de las teorías que elaboramos al intentar caracterizarlo debe ser, de manera similar, independiente de esos factores. A pesar del carácter social de toda práctica científica, se han desarrollado en la práctica, y han tenido éxito, métodos y estrategias para elaborar conocimiento objetivo, si bien falible y mejorable, del mundo natural" (*Ibid.*, p. 148).

Por la propia solemnidad de estas frases, bien puede verse que en ellas Chalmers quintaesencia sus concepciones realistas y antirrelativistas. Por nuestra parte, aun reconociendo el interés de su línea argumentativa, no suscribiremos la mayor parte de sus tesis, sobre todo porque resultan insuficientes, algunas de ellas, y fideístas, algunas otras.

En primer lugar, la ciencia no sólo es una actividad social a secas, sino que sólo en determinadas formas políticas y sociales puede desarrollarse satisfactoriamente, como bien indicó Popper. En segundo lugar, la ciencia es una actividad social transformadora, y no sólo del mundo natural, sino también del mundo social, doméstico e individual. Por ello es una actividad cooperativa que no sólo está orientada a la búsqueda de conocimiento. Para transformar y mejorar el mundo es preciso transformar y mejorar nuestro conocimiento del mismo (pero no sólo del mundo natural). Por eso, de acuerdo en este punto con Chalmers, la ciencia tiene que ver con la búsqueda de nuevo conocimiento y con la mejora del previamente existente (que siempre lo hay). El mundo no es independiente de la humanidad, porque la humanidad lo transforma continuamente e intenta adecuarlo y conformarlo a sus valores y finalidades, que son históricamente cambiantes. La ciencia no ha sido (ni es) independiente de clases, razas o sexos: se trata de que lo sea, pero esto es un ideal regulativo que depende de valores sociales, y no de valores exclusivamente científicos. La tendencia demarcacionista, que una y otra vez trata de separar la actividad científica de otras formas de acción colectiva, debe de ser sustituida por una filosofía de la ciencia que trate de analizar las diversas interacciones entre el saber científico y otras acciones humanas"⁵. Por otra parte, al ser

⁴ Para ser justos con Chalmers, conviene recordar que su postura no es aislacionista: "no hay que considerar que mi afirmación de que la finalidad de la ciencia, y las correspondientes cuestiones epistemológicas, se puedan distinguir de otras finalidades y otros tipos de cuestiones implique que se puede *separar* la actividad de producir conocimiento científico de otras actividades" (*Ibid.*, p. 115).

¹⁴ *Ibid.*, p. 81.

también la ciencia acción humana (colectiva y cooperativa), está regida por valores: y de éstos dependen las finalidades de la ciencia. La explicación teleológica de la actividad científica hay que fundarla en una racionalidad social, y no en una racionalidad científica independiente (y en su caso aislada) de otras formas de racionalidad. Ello no obsta para que, en la medida en que la tecnociencia ha sido y sigue siendo uno de los instrumentos fundamentales de la humanidad para la transformación del mundo, no tenga su propia especificidad; pero insistir en el programa demarcacionista es regresivo. No basta con criticar el programa fundacionista. Los fundamentos de la ciencia están en la sociedad, y en la medida en que ésta tiende a mantener valores universales, la ciencia debe actuar coaligadamente con otros actores sociales: por ejemplo contribuyendo a generar bienestar económico y social. La filosofía de la ciencia no puede seguir dependiendo de la filosofía de la física ni de su creencia en un mundo natural que está ahí y es como es. Lo esencial es cómo debe ser el mundo, partiendo de cómo ha sido y cómo es, lo cual siempre nos viene dado a través de la educación.

En esta corriente ilustrada se inscribe la ciencia y en ese marco actúa. Lo primero que transforma (contexto de educación) son las mentes y las conductas de los seres humanos, habituándolas a ver la realidad desde el prisma de la ciencia y enseñándoles a manejar los instrumentos científicos básicos. A continuación transforma el saber previo (tanto teórico como práctico), así como los propios instrumentos e instituciones científicas: con ello se contribuye a transformar el mundo, aunque sea a nivel microcósmico, o aunque esa transformación sólo afecte a nuestras representaciones del mundo (contexto de innovación). Todas esos cambios y transformaciones son evaluadas en función de criterios axiológicos; éstos últimos también son cambiantes, y sus transformaciones forman parte del progreso general de la humanidad (moral, político, económico, cívico, etc.). Por último, tanto los conocimientos como los instrumentos científicos son implementados en forma de artefactos para la transformación del mundo material (contexto de aplicación). Al aplicar la ciencia, no sólo se transforma nuestro conocimiento del mundo, sino el mundo mismo, que no sólo es macrocósmico, sino también microcósmico y mesocósmico. No todas esas transformaciones y aplicaciones son satisfactorias: por eso han de ser corregidas y mejoradas una y otra vez. La ciencia se ve sometida a continuos procesos de reevaluación en sus cuatro contextos. Siempre resulta esencial el criterio regulador siguiente: que cualquier acción científica pueda ser realizada, al menos potencialmente, por cualquier ser humano dotado de los conocimientos, medios e instrumentos para llevar a cabo esa acción. Por eso los

experimentos han de ser repetibles y controlables, además de comunicables, publicables y enseñables.

La objetividad y la racionalidad científica son, a nuestro juicio, así de complejas. Pero en cualquier caso podemos suscribir esta afirmación de Chalmers:

"la exigencia de transformar, mejorar y ampliar continuamente nuestro conocimiento no es utópica" (ibid., p. 49).

III.5.3. La concepción teleológica en filosofía de la ciencia

En 1988, Ernán McMullin editó un libro titulado *Construction and Constraint*, y en él un artículo en el que abordaba dos cuestiones importantes para este capítulo: ¿cambia la racionalidad de la ciencia con el tiempo, y si lo hace, por qué razones?; ¿hay restricciones (*constraints*) específicas en dicho cambio? Para abordarlas, McMullin distinguía metas (*goals or aims*), métodos (*means to an end*) y valores en la actividad científica. Respecto a estos últimos, y contrariamente a las tesis tradicionales de la filosofía positivista, afirmaba que "los juicios de valor constituyen una parte importante de la metodología de la ciencia" (Ibid., p. 23), así como que:

"cuando uno habla de la racionalidad de la ciencia, habitualmente se refiere de manera global a los métodos empleados por los científicos, así como a los valores que tratan de maximizar a base de aplicar dichos métodos" (Ibid.).

Este tipo de tesis están siendo muy frecuentes en los últimos años, y han sido denominadas por Resnik como la *concepción teleológica* en metodología de la ciencia¹¹⁶. Según este autor, la mayoría de los grandes filósofos de la ciencia han defendido esta concepción, al menos a partir de 1980: Rescher, Newton—Smith, Hempel, Levi, Popper, Laudan, Goldman y Giere han ido publicando libros desde 1977 hasta 1990 en los que, a veces aludiendo a los valores, a veces no, coincidían en afirmar que los métodos científicos son reglas prescriptivas para realizar los fines u objetivos de la ciencia.

En el caso de McMullin, la cuestión de los valores es estudiada explícitamente, y por ello seguiremos su exposición, antes de comentar las críticas de Resnik a esa concepción teleológica.

El tema central de McMullin era el cambio de objetivos o metas y el cambio de métodos y su tesis principal puede resumirse así: la racionalidad científica, que se muestra sobre todo en los métodos, es un medio para

¹¹⁶ D. R. Resnik, Do Scientific Aims Justify Methodological Rules?, *Erkenntnis* 38 (1993), pp. 223-232. La expresión "modelo teleológico" ya había sido aplicada por Bloor a la filosofía de la ciencia de Lakatos. Véase D. Bloor (1991), p. 13.

lograr las metas de la ciencia. Por consiguiente, si esas metas cambian, la racionalidad y los métodos también cambiarán. De acuerdo con esta concepción, tendríamos una nueva manera de analizar los grandes procesos de cambio científico, consistente en investigar cuándo cambian los objetivos generales de la ciencia.

En base a ello, McMullin proponía una nueva interpretación del paso de la ciencia griega a la ciencia moderna, así como de los cambios a gran escala que han tenido lugar después. Los objetivos principales de la ciencia griega eran la *explicación* y el *conocimiento*, entendido éste como creencia verdadera y justificada"¹⁷. Con la llegada de la ciencia moderna, y en particular con Newton, la predicción pasó a ser un nuevo objetivo de la ciencia. El objetivo de la ciencia dejaba de ser exclusivamente la explicación causal, como lo había sido desde Aristóteles, exigiéndose además que la ciencia fuera *predictiva*. Esta transformación de la ciencia se produjo muy lentamente y con gran esfuerzo.

Una segunda meta de la ciencia moderna, siempre según McMullin, es la justificación de la *fecundidad, coherencia y consistencia* de las teorías, lo cual se puede lograr mediante la lógica (teoría del método) o mediante la práctica (resultados). La *adecuación empírica*, a su vez, pasó a ser un objetivo relevante para las teorías. Todo ello trajo consigo cambios metodológicos notables: el método hipotético-deductivo, la verificación de las predicciones que se derivaban de las hipótesis, la experimentación y el uso de instrumentos para experimentar. La propia percepción y observación científicas se vieron profundamente modificadas desde el punto de vista de las reglas metodológicas, que postularon la no fiabilidad de la pura percepción sensorial:

"los sentidos empezaron a perder su importancia, excepto como medios para registrar las lecturas de los instrumentos" (*Ibid.*, p. 34).

El tránsito a la ciencia contemporánea está determinado, según McMullin, por la implantación de los objetivos baconianos de la ciencia: mejorar la condición humana y dominar la naturaleza. Ello trajo consigo una vinculación progresiva entre la ciencia y la técnica, y no sólo en ámbitos como la medicina, la agricultura o la ingeniería, claramente determinadas por ese objetivo baconiano, sino también en la ciencia natural:

"una vez que la ciencia pasó a ser predictiva, sólo fue cuestión de tiempo conseguir que esas predicciones proporcionaran fruto práctico. El aspecto pre-

dictivo de la explicación científica es el que, en última instancia, permite que el avance tecnológico pase a ser una de las metas de la propia ciencia" (*Ibid* p.36).

En cambio, la explicación basada en causas sufrió un claro declive en el tránsito de la ciencia moderna a la contemporánea (no en biología, pero sí en física y astronomía). La predicción pasó a ser una meta fundamental de la ciencia, apareciendo también un nuevo objetivo para algunas ciencias: la comprensión (*understanding*).

Como puede verse, esta mirada a vista de pájaro de McMullin sobre los grandes cambios en la historia de la ciencia podría servir para distinguir las grandes etapas de lo que podríamos llamar la *historia de la cultura científica* (occidental), entendida como una historia de las *mentalidades metodológicas*. Independientemente de que sería difícil que un historiador profesional de la ciencia fuera a admitir el macroanálisis de McMullin, lo cierto es que esta manera de relacionar la Teleología de la ciencia con su Metodología conlleva una filosofía de la ciencia muy alejada de la concepción heredada. Esta filosofía de la cultura científica, más que filosofía de la ciencia a secas, tiene el interés de subrayar el papel de la axiología de la ciencia en todos estos grandes cambios, aunque McMullin llegue a identificar prácticamente los grandes valores (epistémicos y no epistémicos) y los objetivos de la ciencia.

En el capítulo siguiente trataremos de mostrar que una axiología de la ciencia no tiene por qué reducirse al estudio de los grandes valores u objetivos de la actividad científica. Resulta imprescindible iniciar un microanálisis de los valores que rigen la actividad científica, en lugar de centrarse en los valores que sustentan la actividad científica en general, como han hecho los filósofos a los que Newton-Smith engloba en lo que él llama el programa fuerte de la filosofía racionalista de la ciencia (Popper, Lakatos y Laudan, básicamente)¹⁸. Puesto que todos estos autores, incluido el propio Newton—Smith, coinciden en afirmar que los objetivos generales de la ciencia influyen profundamente en los métodos científicos, bueno será que nos detengamos un momento en las críticas que hace Resnik a esa concepción teleológica de la filosofía de la ciencia.

Para este autor, las dos grandes virtudes de esta concepción son su simplicidad y su atractivo. De hecho, califica a esa concepción como un *utilitarismo epistémico*, así como de *racionalidad instrumental* (Resnik, *o.c.*, pp. 223-4). En la medida en que concebimos la racionalidad científica como

¹⁷ E. McMullin, *o.c.*, p. 26. Esta caracterización del conocimiento científico como creencia verdadera y justificada ha sido muy frecuente entre los sociólogos de la ciencia. Laudan también la acepta. En cambio, tanto Popper como Chalmers distinguen entre el conocimiento objetivo y las creencias.

¹⁸ Ver W. H. Newton-Smith, *La racionalidad de la ciencia*, Barcelona, Paidós, 1987, cap. 10.

un conjunto de reglas metodológicas que rigen la praxis de los científicos, estando dichas reglas a su vez regidas por los grandes objetivos de la ciencia, no cabe duda de que disponemos de una teoría global sobre la racionalidad científica que no rehuye la cuestión de la ciencia y los valores. El problema subsiguiente consistiría en estudiar el vínculo entre las reglas y los fines, y para ello hay muchas opciones. Cada uno de los defensores de la concepción teleológica habría desarrollado su propia solución: la teoría de la decisión en el caso de Levi¹¹, la lógica y la teoría de la probabilidad en el caso de Popper, la ciencia cognitiva en el caso de Goldman¹²⁰ y de Giere¹²¹, la ciencia natural y la historia de la ciencia en el caso de Laudan o incluso el análisis en términos de coste/beneficio, como vimos en el caso del propio Laudan y de Radnitzky. Poniendo como ejemplo a Newton—Smith, Resnik caracteriza la concepción teleológica mediante estos cuatro puntos:

"1. La ciencia tiene objetivos (fines o metas).

2. Los métodos científicos son reglas para la indagación que están justificadas (son racionales, están garantizadas, son aceptables) en tanto son medios efectivos de realizar (llevar a cabo, lograr) objetivos científicos (epistémicos, cognitivos).

3. Los métodos son reglas prescriptivas que gobiernan las decisiones y las acciones científicas, por ejemplo, la aceptación de teorías, el diseño experimental y así sucesivamente.

4- La racionalidad científica es una racionalidad instrumental (medios/fines)" (Resnik, *o.c.*, p. 224).

Los filósofos de la ciencia podrán luego diferir en los objetivos que consideran ser propios de la ciencia, así como en diversos matices de los cuatro puntos precedentes; pero, según Resnik, la gran mayoría de ellos acepta esta concepción teleológica como base para caracterizar la racionalidad científica. Incluso aquellos que afirman que la ciencia no es racional, recalca Resnik, conciben la racionalidad en términos instrumentales (*ibid.*, p. 225).

Pasando a analizar cada uno de los cuatro puntos, lo primero que señala Resnik es que la ciencia, en tanto tal, no puede tener fines: sólo los seres intencionales pueden tener fines. Por consiguiente, cuando se habla del objetivo o de los objetivos de la ciencia será, o bien porque se piensa en metas compartidas, o en metas corporativas, o en ideales normativos o en características de la actividad científica.

¹¹ I. Levi, *The Enterprise of Knowledge*, Cambridge, MIT Press, 1980.

¹²⁰ A. Goldman, *Epistemology and Cognition*, Cambridge, Harvard Univ. Press, 1980.

¹²¹ R. Giere, *Explaining Science*, Chicago, Univ. of Chicago Press, 1990.

Ninguna de estas cuatro posibilidades le satisfacen a Resnik, puesto que concluye:

"He examinado cuatro diferentes interpretaciones de la frase "*objetivos de la ciencia*" y he argumentado que ninguna de esas interpretaciones proporciona una justificación adecuada de las reglas metodológicas. Si pensamos en los objetivos como metas compartidas, entonces el pluralismo axiológico (entre los científicos) socava la justificación de las reglas metodológicas. Si pensamos en los objetivos como ideales normativos, entonces el pluralismo axiológico (entre los filósofos) también socava la justificación de las reglas metodológicas. Si pensamos en los objetivos como características que describen la conducta científica, entonces los objetivos no pueden justificar las reglas metodológicas porque esas características son demasiado generales y abstractas como para ofrecer una guía segura. Finalmente, pensar en los objetivos como metas corporativas tampoco ayuda, porque la ciencia no tiene nada que se parezca a una jerarquía corporativa" (*Ibid.*, p. 230).

Cada una de estas conclusiones de Resnik, así como sus argumentaciones previas, podrían ser criticadas minuciosamente, pero no es éste el lugar en donde emprender esa tarea¹²². Nos interesa más la claridad con la que ha planteado el debate contra la concepción teleológica, así como algunos puntos que nos van a servir para proseguir nuestra indagación. Sin embargo, antes de abandonar las tesis de Resnik, conviene mencionar al menos cuál es su postura final:

"Se pueden aprender dos lecciones a partir de esta discusión. Primera, deberíamos de desarrollar una explicación alternativa, no teleológica, sobre la justificación de las reglas metodológicas. La idea de que los objetivos justifican las reglas puede funcionar para conductas individuales, orientadas a metas, o para conductas corporativas o de grupo, pero no se aplica a la ciencia. Segundo, los filósofos de la ciencia podrían lograr resultados más provechosos apartando su atención de los objetivos de la ciencia. Las cuestiones sobre los objetivos de la ciencia encantan a los filósofos, pero parecen tener poco efecto, si es que tienen alguno, sobre el trabajo de los científicos" (*Ibid.*, p. 231).

Independientemente de nuestro desacuerdo con buena parte de las argumentaciones y de las tesis de Resnik, lo cierto es que su artículo destaca dos aspectos de la actividad científica que serán muy importantes en lo que sigue:

1. En primer lugar, Resnik reconoce claramente el pluralismo axiológico, tanto entre los científicos como entre los filósofos. Por consiguiente, puesto que la ciencia es axiológica y metodológicamente plural, aparte de ser plural como tal ciencia, podemos pensar que no se trata de indagar la

¹²² En cualquier caso, hay que subrayar que la afirmación última sería negada estrictamente por la mayoría de los sociólogos de la ciencia, quienes sí piensan que existen jerarquías estrictas en las comunidades científicas.

existencia de un objetivo o de un conjunto de objetivos para la ciencia, como tampoco se trata (contra la concepción heredada en filosofía de la ciencia) de buscar una metodología unificadora de la ciencia. La ciencia es plural desde muchos puntos de vista, y está muy bien que así sea. Ciencias distintas no tienen por qué compartir los mismos valores, por decirlo en nuestros términos. En el capítulo 4 nos dedicaremos a estudiar ese pluralismo axiológico de la actividad científica.

En segundo lugar, cabe hablar de una Axiología de la Ciencia sin tener que apelar a una Teleología de la Ciencia. Entre los muchos valores que rigen la actividad científica algunos funcionan teleológicamente con respecto a la ciencia; otros no.

Esta última afirmación merece una explicación, ya que, al menos entre los filósofos de la ciencia, suele hablarse de valores en términos de finalidades, en la medida en que se identifican los objetivos de la ciencia con los valores que rigen la actividad científica. Esto no tiene por qué ser así, como comprobaremos con mayor detalle en el capítulo siguiente. Antes de proceder a ello, conviene que partamos de una determinada concepción de los valores que pueda ser utilizada en una Axiología de la Ciencia. Para ello elegiremos la definición de valor propuesta por Rescher, en la medida en que es uno de los filósofos que, habiéndose ocupado ampliamente de cuestiones relativas a la filosofía de la ciencia, también ha desarrollado una filosofía de los valores en general, que luego ha aplicado en más de una ocasión al problema de la ciencia y los valores. El define así el concepto *tener un valor*:

"• tener un valor es tener una actitud favorable hacia su realización. En este aspecto los valores se parecen a las preferencias y a los deseos. A veces están asociados a sentimientos y emociones muy fuertes.

• tener un valor es creer que su realización sería beneficiosa. En este aspecto los valores difieren de las preferencias o deseos, los cuales no pretenden ir más allá de los sentimientos individuales momentáneos ni ofrecen criterios racionales para ordenar las alternativas. Suscribir un valor implica afirmar beneficios u obligaciones morales que pueden ser invocadas para justificarlo, defenderlo o recomendarlo a otros. Este tipo de creencias están abiertas a la deliberación racional y a la crítica pública.

• tener un valor es estar dispuesto a actuar para promover su realización. Por supuesto, las circunstancias pueden impedir dicha acción" ...

Así definidos, los valores que la gente tiene pueden ser estudiados *empíricamente* por las ciencias sociales¹²¹.

Obsérvese que esta definición, aun estando pensada para individuos, puede aplicarse también a grupos de personas, y en general a comunida-

¹²¹ Citado por Ian G. Barbour, *Technology, Environment, and Human Values* New York, Praeger, 1980, p. 6

des. De hecho el concepto de racionalidad de Rescher es universalista y formal, en el sentido kantiano del término: "uno procede racionalmente sólo cuando sus acciones pueden ser subsumidas bajo un principio universal de racionalidad que está vigente en general y para cada cual" (Rescher, 1993,11, p. 5).

La concepción de Rescher de los valores es interesante por varios motivos. En primer lugar, afirma la existencia de valores objetivos, y no sólo subjetivos (ibid., p. 59): gracias a ello puede haber evaluaciones racionales. En segundo lugar, reconoce que los valores desempeñan un papel decisivo en la ciencia (ibid., p. 102). En tercer lugar, afirma una estricta pluralidad axiológica, tanto en acciones humanas en general como en el caso de la ciencia. En cuarto lugar, la racionalidad humana depende siempre de un proceso de optimización, que involucra siempre valores.

Rescher distingue tres modos de razonar, el cognitivo, el práctico y el evaluativo, pero muestra minuciosamente que no son ámbitos separados, como en Hume, sino que interactúan entre sí (ibid., pp. 12—18); esto le lleva a afirmar una triple componente en la racionalidad: ésta es definida como "la búsqueda inteligente de fines apropiados" (ibid., p. 19). Por consiguiente la racionalidad científica es una práctica (búsqueda) guiada por un conocimiento (inteligencia), pero en base a fines que son evaluados por su adecuación para quien actúa racionalmente.

Esta última definición requiere un comentario algo más amplio, sobre todo porque, además de suponer una auténtica alternativa a la concepción teleológica antes considerada, nos lleva a una de las mayores aportaciones de Rescher: su crítica del utilitarismo en general, y en concreto del utilitarismo epistémico; es decir, de la razón instrumental. Para ello lleva a cabo una aguda crítica de la racionalidad considerada como maximización de la utilidad y propone a continuación una alternativa que se adecúa bien a las posturas que se mantienen en este libro.

El mismo resume su tesis de esta manera:

"La racionalidad demanda una adecuada preocupación por la realización de valores. Pero esto no es una cuestión de *maximización*. Mas bien, lo que demanda es *optimización*, lo cual, de hecho, es algo muy distinto"¹²⁴.

No sólo los economistas, los expertos en teoría de juegos o en gestión han solido defender la teoría de la maximización de la utilidad en términos de coste/beneficio; como ya vimos, también algunos filósofos de la ciencia

¹²⁴ ibid., p. 26. La argumentación de Rescher sobre este tema es muy detallada, y ocupa todo el capítulo 2 de ese libro.

lo hacen, remedando a Stuart Mili, quien identificó completamente la racionalidad con la maximización de la utilidad. En la medida en que esta teoría se aplique en ámbitos en donde rija una pluralidad de valores, la maximización supone una deformación filosófica importante, que lleva efectivamente al problema de los medios y los fines, como vimos en el caso de McMullin. Para Rescher, aplicar criterios maximizadores allí donde hay una pluralidad de valores en juego, implica presuponer que hay una común medida, un mínimo común denominador de dichos valores, lo cual es falso. Los bienes y los valores, afirma Rescher, no suelen ser conmensurables entre sí (*Ibid.*, p. 28).

Pongamos un ejemplo: se puede pretender que un experimento científico sea riguroso, preciso, simple, predictivo, fecundo y aplicable a la vez; pero ello no suele ser frecuente. Plantearse entonces el problema de maximizar ese conjunto de valores, buscando incluso un algoritmo que permitiera dilucidar cuál es el mejor método (o conjunto de reglas metodológicas) a seguir para maximizar dichos valores, supone elegir una falsa vía de análisis filosófico-axiológico:

"Si los valores fueran realmente homogéneos, entonces la racionalidad sería en efecto una cuestión de maximización, de maximizar simplemente *la utilidad*'. Pero eso es justamente lo que no ocurre. Debemos de rechazar el dogma de la homogeneidad del valor" (*Ibid.*, p. 32).

Hay numerosos valores, tanto en la ciencia como en otras actividades humanas, que no tienen común medida entre sí: lo importante es saber cómo combinarlos adecuadamente. Partiendo de una diversidad y de una pluralidad de valores, "la elección racional no es una cuestión de maximización unidimensional, sino de optimización multidimensional"¹²⁵. Habrá ocasiones (por ejemplo cuando estamos manejando variables cuantitativas) en las cuales sea posible maximizar por medio de algún algoritmo; pero en la gran mayoría de las acciones humanas se ponen en juego valores diversos y cualitativamente diferentes. En esos casos, la racionalidad consiste en buscar una optimización, en lugar de intentar una maximización forzada entre variables heterogéneas e inconmensurables.

"La buena vida, por ejemplo, no consiste en un único factor que englobe una pluralidad mixta de bienes tales como la salud, la felicidad, la libertad, el compañerismo y el amor" ... "Las componentes de una buena jornada no son intercambiables entre sí: hacer más espectacular la decoración no puede compensar una mala comida" (*Ibid.*, p. 43).

¹²⁵ *Ibid.*, p. 34. En otro pasaje escribe: "La elección racional no es una cuestión de maximización; exige más bien la armonización de una pluralidad de bienes" (p. 39).

Tanto en estos casos cotidianos como cuando se trata de satisfacer varios valores heterogéneos (como veremos que es el caso de la actividad científica), no se trata de reducir la diversidad de valores a una unidad (por ejemplo a un único objetivo de la ciencia), sino de armonizar esa pluralidad de valores, coordinándolos entre sí, y no subordinándolos o reduciéndolos unos a otros. Rescher, podríamos decir, está contra el reduccionismo axiológico, precisamente porque piensa que las acciones de los seres humanos están guiadas por una pluralidad de valores, y algunos de esos valores no pueden ser subordinados los unos a los otros.

Por eso la alternativa es la optimización: la búsqueda de lo mejor, y no de lo máximo. Contrariamente a Aristóteles y a los pensadores del supremo bien, como Kant, y retomando las ideas de Platón en el *Filebo*, así como la vieja idea de los pitagóricos de la armonía entre componentes diversas, Rescher afirma que lo bueno no es homogéneo y que la relevancia de unos valores u otros cambia en función de los contextos y las situaciones (*Ibid.*, p. 34). Su teoría de los valores es pluralista, contextual y no reduccionista, incluyendo el caso de la actividad científica.

La racionalidad parte de una pluralidad axiológica y, a la hora de actuar inteligentemente o de tomar decisiones, no se basa en la reducción de esa pluralidad a un único y fundamental criterio: "la búsqueda de la felicidad no es la única y legítima guía para la acción, ni en el caso de los individuos ni en el de las sociedades" (*ibid.*, p. 41). Frase ésta que, *pace* Popper, podríamos parafrasear de la manera siguiente: "la búsqueda de la verdad no es el único y legítimo objetivo de la ciencia, ni en el caso de los científicos individuales ni en el caso de las comunidades (o instituciones) científicas".

Por consiguiente, no se trata de intentar resolver la cuestión de la ciencia y los valores a base de postular un valor fundamental (el objetivo de la ciencia), tratar de reducir los restantes valores a él y convertirlo en el criterio fundamental de racionalidad científica. Lamentablemente, numerosos filósofos de la ciencia, así como no pocos sociólogos, han seguido esa estrategia reduccionista. En lugar de partir de la existencia de una finalidad para la ciencia, y a partir de ahí estudiar qué valores son coherentes con ello y cuáles no (demarcacionismo), así como intentar inferir las reglas metodológicas a partir de los fines de la ciencia (concepción teleológica), hay que invertir el planeamiento. Interpretaremos a Rescher de esta manera: el punto de partida es una pluralidad de valores, epistémicos, prácticos e incluso estéticos, que son cambiantes en función del contexto y a lo largo de la historia, pero que la actividad científica trata de optimizar, en la medida en que sea racional. Los fines u objetivos de la ciencia son definidos en función de esa optimización de una axiología plural. A su vez, las

reglas metodológicas no están determinadas por los fines de la ciencia, sino por esa tentativa de optimizar la pluralidad de valores.

Contrariamente a este tipo de concepciones, que en esta obra serán básicas para nuestro tratamiento de la Axiología de la Ciencia, los defensores de la concepción teleológica buscan una medida común en el objetivo (a poder ser único) de la ciencia. La maximización de ese valor es el indicativo de la racionalidad científica. Un ejemplo particularmente claro de cuanto estamos diciendo es Feyerabend, aunque pueda parecer sorprendente. Su "anarquismo" epistemológico, que le llevó a afirmar la inexistencia de una metodología científica, y su célebre afirmación, "todo vale", fueron propuestos como contrarreglas metodológicas porque, según el análisis de Feyerabend, serían las que más favorecen la realización del objetivo de la ciencia, que para Feyerabend es el progreso (entendido como maximización de las propuestas alternativas¹²⁶). El objetivo de la ciencia prima sobre los valores y sobre la metodología, y por eso Feyerabend llega a las conclusiones a las que llega.

En esta obra, por el contrario, se afirmará el irreductible pluralismo axiológico de la actividad científica, así como la interacción sistémica entre unos y otros valores en cada uno de los contextos de dicha actividad. Ello no equivale a decir que ese pluralismo axiológico carezca de estructura en cada contexto, y si se quiere en cada paradigma científico. De hecho, en el capítulo siguiente recurriremos a la noción lakatosiana y estructuralista de núcleo para tratar de analizar el núcleo axiológico de las actividades científicas en cada contexto. Ello no implica, sin embargo, que ese núcleo desempeñe una función reductora con respecto al resto de valores vigentes en la praxis científica. Antes al contrario. Nuestra pretensión, a título programático, consiste en estudiar las interacciones entre unos y otros valores, sean éstos nucleares o periféricos dentro de una praxis científica concreta.

Una última sugerencia. Siempre que se está hablando de una racionalidad dialógica, como es el caso de la actividad científica, suele recurrirse, como el propio Rescher señalaba, a la metáfora aritmética del máximo común denominador, o cuando menos a la idea de buscar un común denominador. Esta es la estrategia reduccionista por excelencia, como el propio lenguaje de la aritmética muestra.

Retomando varias de las ideas de Rescher, y reinterpretándolas, pondremos la metáfora aritmética dual. En lugar de buscar denominadores

comunes, hay que investigar los posibles múltiplos comunes, y en concreto el mínimo común múltiplo. Ello equivale a decir: en situaciones de inconmensurabilidad, o de heterogeneidad, como es el caso de la actividad científica en lo que se refiere a los valores, se trata de ver cómo podemos combinar esa pluralidad de valores de manera que se obtenga un múltiplo común de todos ellos. Con mucha frecuencia, ello sucede precisamente en los aparatos experimentales en donde convergen diversos saberes científicos, tanto teóricos como prácticos, y por tanto se armonizan los diversos valores subyacentes a esos saberes.

Otro tanto se podría proponer para otras acciones humanas: dada una pluralidad de valores contrapuestos, se trata de armonizarlos en un múltiplo común que potencie las respectivas virtualidades, y no de reducirlos a una unidad común. O en términos económicos: se trata de generar un valor añadido partiendo de esa pluralidad de valores heterogéneos e irreductibles entre sí.

Pero en este libro nos seguiremos limitando a la axiología de la ciencia, con breves incursiones sobre su incidencia en la metodología y en la epistemología de la ciencia.

¹²⁶ Véase P. Feyerabend, *Tratado contra el método*, Madrid, Tecnos, 1981, cap. 3.

IV

El pluralismo axiológico de la ciencia¹

IV. I. EL PLURALISMO DE LAS CIENCIAS Y DE SUS MÉTODOS

La filosofía de la ciencia tiene ante sí un vasto panorama de estudio. Existen ciencias muy diversas y cada una de ellas recurre a un amplio elenco de métodos en cada uno de sus contextos. Además, cada ciencia tiene como base un conjunto de saberes teóricos y prácticos, cuyos marcos conceptuales son diversos entre sí, tanto por su origen histórico como por la ontología subyacente. Las distintas ciencias se influyen mutuamente a la hora de investigar y al aplicarlas. Para afrontar este último problema suele propugnarse la interdisciplinariedad, pero sería mejor hablar de interacción, aunque sólo sea porque el término 'disciplina', de origen medieval, posee connotaciones poco convenientes como forma de saber.

La mayoría de las teorías de la ciencia que han tenido influencia a lo largo del siglo XX han tomado a la física como canon científico. Ello supone un cambio importante en relación a la revolución científica del XVII, que tuvo a las matemáticas como modelo de saber científico. Los criterios de científicidad que se han propuesto han dependido de esa opción inicial fisicista, que habitualmente ha sido también reduccionista. Las ciencias formales (lógica, matemáticas), las ciencias sociales y humanas e incluso la biología se adaptaban mal a esos criterios, que habían sido elaborados teniendo en cuenta los problemas epistemológicos de la física. Ello ha dado lugar a que los esfuerzos por construir una filosofía general de la ciencia, aun

¹²⁷ Este capítulo retoma parte de un artículo con el mismo título, por aparecer en la revista *Isegoría*, del Instituto de Filosofía del CSIC (Madrid).

habiendo producido aportaciones de interés, han resultado insuficientes para configurar una teoría de la ciencia que valiera para los diversos tipos de ciencia y pudiera asumir la pluralidad de métodos científicos vigentes en la actualidad y a lo largo de la historia. Por eso han surgido filosofías especiales de la ciencia, como la filosofía de las matemáticas, la filosofía de la biología, la filosofía de la economía, la filosofía de las ciencias sociales y otras muchas que sería largo enumerar. El problema se agrava si consideramos que, junto a la ciencia, y muchas veces como motor de las investigaciones científicas, también debe de ser considerada la tecnología, y en general las técnicas, que cumplen una función importante en la actividad científica.

La historia muestra un evidente *pluralismo metodológico* en cada una de las ciencias. Aparte de los métodos de inferencia lógica, cualquier tratado de metodología ofrece una amplia panoplia de métodos científicos^{12a}. Sin pretender elaborar una tabla exhaustiva, y sin perjuicio de que muchos de ellos estén vinculados entre sí, pueden mencionarse los siguientes:

- los métodos deductivos e inductivos, que fueron teorizados por primera vez por Aristóteles¹³.

- los métodos de análisis y síntesis, que fueron utilizados por los geómetras griegos; a partir de la reaparición en el Renacimiento italiano de la obra de Pappus, *Collectiones Mathematicae*^{13o}, esta metodología se contrapuso a la silogística aristotélica y dio lugar a una profunda renovación de los métodos científicos (Galileo, Descartes, lógica de Port Royal, Leibniz, Newton, etc.), que afectó a muchas ciencias¹³¹.

- los métodos experimentales, considerados básicos por Bacon y, a partir de él, por numerosos filósofos y científicos¹².

^{12a} Véase, por ejemplo, la obra de M. Cohén y E. Nagel, *Introducción a la lógica y al método científico*, Buenos Aires, Amorrortu, 1976, 4ª ed., 2 vols. La obra M.W. Wartofsky, *Introducción a la filosofía de la ciencia*, Madrid, Alianza, 1973, también es aconsejable para disponer de un panorama general sobre la metodología científica.

^{12b} En el *Organon*, y en particular en los *Analíticos*, ed. española en Madrid, Gredos, 1982 y 1988, 2 vols. Sobre la inducción, es aconsejable leer la obra de M. Black, *Inducción y probabilidad*, Madrid, Cátedra, 1979. Para los diversos métodos lógico-deductivos puede verse la obra de de William y Martha Kneale, *Ej desarrollo de la lógica*, Madrid, Tecnos, 1972.

^{13o} *Mathematicae Collectiones a Federico Commandino Urbinate in Latinum conversae*, Venecia, 1594.

¹³¹ Una obra amplia y aconsejable sobre el método de análisis y síntesis es la de H. J. Engfer, *Philosophie als Analysis*, Stuttgart-Bad Cannstatt, Frommann-Holzboog, 1982. En castellano, véanse los dos volúmenes editados por J. Pérez Ballestar, *Análisis y Síntesis*, publicados por la Universidad de Salamanca (1983).

¹² Fr. Bacon, *Novum Organum*, Barcelona, Fontanella, 1979. Una obra clásica sobre el método experimental es la de Claude Bernard, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, Paris,

- el método axiomático, que ha sido utilizado profusamente en matemáticas y en lógica, pero que también ha sido aplicado a otras ciencias¹³⁶.

- los diversos métodos matemáticos (computacionales, algebraicos, infinitesimales, estadísticos, etc.), cuya utilización ha sido considerada por muchos como el signo de científicidad por antonomasia¹⁴.

- los métodos de observación, particularmente problemáticos en las ciencias humanas, que han subrayado la importancia de los instrumentos en la actividad científica¹³⁵.

- los métodos de medición¹³⁶.

- los métodos de clasificación (o taxonomías)¹³⁷.

- los métodos heurísticos, que parten de simulaciones, hipótesis o conjeturas no comprobadas para intentar extraer consecuencias de más fácil tratamiento, y en general para ampliar la problemática de una determinada ciencia¹³⁸.

- el método hipotético-deductivo, que para Popper y otros muchos constituye el paradigma metodológico de la investigación científica¹³⁹.

- los métodos computacionales, y en concreto su aplicación para interpretar la actividad científica desde una perspectiva cognitiva¹⁴⁰.

- el método basado en la comprensión de los fenómenos estudiados, indispensable en muchas de las ciencias humanas¹⁴¹.

Garnier-Flammarion, 1966. Véase también el libro de Mariano Artigas, *Filosofía de la Ciencia Experimental*, Pamplona, EUNSA, segunda edición, 1992.

¹³⁶ Véase J. de Lorenzo, *El método axiomático y sus creencias*, Madrid, Tecnos, 1980.

¹⁴ La obra más amplia y comprehensiva al respecto quizá sea la de J.R. Newmann, SIGMA. *El mundo de las matemáticas*, Barcelona, Grijalbo, 1968. Para la probabilidad, A. Rivadulla, *Probabilidad e inferencia científica*, Barcelona, Anthropos, 1990.

¹³⁵ Sobre la observación científica, son imprescindibles las obras ya citadas de Hanson (1977) y de Olivé y Pérez Ransanz (eds.) (1989). Véase también la obra de Hacking (1983).

¹³⁶ La obra fundamental al respecto es la de P. Suppes, D.H. Krantz y R.D. Luce, P. Suppes y A. Tversky (1971), ya citada. En castellano puede verse el libro de J. Mosterín, *Conceptos y teorías en la ciencia*, Madrid, Alianza, 1984, así como P. Suppes, *Estudios de filosofía y metodología de la ciencia*, Madrid, Alianza, 1988.

¹³⁷ Ver M. Ruse, *La filosofía de la biología*, Madrid, Alianza, 1979, capítulos 7 y 8.

¹³⁸ Una obra clásica al respecto es la de G. Polya, *Matemáticas y razonamiento plausible*, Madrid, Tecnos, 1966. En la actualidad, los filósofos de la ciencia suelen analizar estos métodos desde el punto de vista de las ciencias cognitivas. Véase, por ejemplo, M.E. Gorman, *Simulating Science. Heuristics*, Menta! *Models and Technoscientific Thinking*, Bloomington, Indiana Univ. Press, 1992.

¹³⁹ Véase la obra de Popper, *Ej desarrollo del conocimiento científico. Conjeturas y refutaciones*, Madrid, Tecnos, 1974.

¹⁴⁰ Véase P. Thagard, *Conceptual Revisions*, Princeton, Princeton Univ. Press, 1992, así como la obra editada por J. Schragger y P. Langley, *Computational Models of Scientific Discovery and Theory Formation*, San Mateo, Morgan Kaufmann, 1990.

¹⁴¹ Véase el libro G.H. von Wright, *Explicación y comprensión*, Madrid, Alianza, 1979, así como el editado por J. Manninen y R. Tuomela, *Ensayos sobre explicación y comprensión*, Madrid, Alianza, 1980.

- los métodos hermenéuticos y contextuales, imprescindibles para el estudio de fenómenos históricos, pero también para la lectura de los textos científicos clásicos¹⁴².

- los métodos metacientíficos, que parten de una previa formalización de las teorías científicas y estudian a partir de ella las propiedades sintácticas, semánticas e incluso algunas características pragmáticas de las teorías¹⁴³.

- los métodos de implementación técnica del conocimiento científico y construcción de artefactos científicos¹⁴⁴.

Esta larga enumeración no agota el espectro de lo que suele estar incluido bajo la rúbrica de una metodología científica. Aunque algunos pensadores clásicos, como Bacon y Descartes, y más recientemente autores como Bunge¹⁴⁵ han propugnado concepciones unitarias de la ciencia en base a la noción de método científico, lo cierto es que dicho programa no parece nada prometedor en la actualidad. La filosofía de la ciencia no sólo ha de tomar como punto de partida el pluralismo de las ciencias, sino también el pluralismo metodológico de cada una de ellas.

Pongamos como ejemplo las matemáticas. La filosofía de la ciencia de inspiración kantiana, así como también los neopositivistas, distinguieron claramente las ciencias formales de las ciencias empíricas. Consiguientemente, afirmaron que la metodología de las ciencias matemáticas era exclusivamente lógico—deductiva. Ello no se corresponde con la práctica real de los matemáticos, los cuales recurren a varios de los métodos antes enumerados y no se limitan a demostrar teoremas a partir de axiomas: hacen observaciones minuciosas, formulan hipótesis y conjeturas no demostradas, recurren a métodos heurísticos y, sobre todo por influencia de la informática, tampoco desdeñan la experimentación, si ello hace falta para proseguir con las investigaciones. Lakatos afirmó en 1969 que las matemáticas son una ciencia cuasi—empírica, suscitando una polémica que todavía dura¹⁴⁶. Sin entrar aquí en ese debate, sí debemos concluir que, incluso en el caso de las mate-

máticas y de la lógica, la filosofía de la ciencia debe partir del hecho de que la ciencia es *metodológicamente plural*, renunciando a las tentativas de reduccionismo metodológico que han imperado en la filosofía de la ciencia en el siglo XX.

Este pluralismo metodológico se acrecienta todavía más si se asume la distinción entre los cuatro contextos propuesta en el capítulo segundo. Baste el ejemplo del contexto de enseñanza, que involucra metodologías muy distintas de las consideradas en la enumeración anterior, que estaba orientada fundamentalmente al contexto de innovación. Otro tanto cabe decir del contexto de aplicación, tan importante para casi todas las ciencias, pero sobre todo para la tecnología.

IV.2. VALORES EPISTÉMICOS Y VALORES PRÁCTICOS EN LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA

Considerada la ciencia como una actividad plural, y no sólo como la búsqueda de conocimiento, hay que atender a los valores y a las reglas que rigen dicha actividad en cada uno de los cuatro contextos en los que puede ser analizada: el de educación, el de innovación, el de evaluación y el de aplicación. Al proceder así, estaremos en condiciones de poner en relación el pluralismo metodológico de la ciencia con el pluralismo axiológico inherente a la actividad científica.

Mostraremos en este capítulo que la axiología de la ciencia es plural, sugiriendo simultáneamente que por ello es plural su metodología. Reflexionar únicamente sobre las relaciones entre los hechos y las teorías, caracterizando a la ciencia por su capacidad de predicción (Reichenbach), por su corroborabilidad (Carnap), por su falsabilidad (Popper), por su aptitud para generar hechos nuevos y sorprendentes (Lakatos), o por su capacidad para resolver enigmas y problemas (Kuhn, Laudan), supone llevar a cabo un estudio parcial y limitado. Estas caracterizaciones de la ciencia tienen un interés indudable, porque señalan algunos de los valores epistémicos que determinan los objetivos de la investigación científica. Pero puesto que la filosofía de la ciencia no estudia únicamente el contexto de justificación, ha de atender también a criterios axiológicos que no son epistémicos y que definen otros requisitos y finalidades de la actividad científica. La enseñanza es una acción intencional sujeta a una pluralidad de valores. Sin embargo, éstos no dependen de una finalidad única. Los objetivos de la enseñanza de la ciencia están profundamente influidos por la diversidad de valores predominantes en cada momento histórico y en cada cultura.

¹⁴² Véase H. Gadamer, *Verdad y método*, Salamanca, Sigüeme, 1977.

¹⁴³ Véase C.U. Moulines, *Exploraciones metacientíficas*, Madrid, Alianza, 1983.

¹⁴⁴ Un amplio estudio al respecto puede encontrarse en el libro de J.H. Moore, Ch.C. Davis y M.A. Coplan, *Building Scientific Apparatus*, Redwood, Addison-Wesley, 1989.

¹⁴⁵ M. Bunge (ed.), *The Methodological Unity of Science*, Dordrecht, Reidel, 1973. Para un estudio del programa positivista de una ciencia unificada, véase B.F. McGuinness, *Unified Science*, Dordrecht, Reidel, 1987, en donde se recopilan los textos clásicos de los miembros del Círculo de Viena.

¹⁴⁶ Ver I. Lakatos, *Matemáticas, Ciencia y Epistemología*, Madrid, Alianza, 1981.

Si un enunciado científico es predictor de hechos nuevos o ya conocidos, o si es corroborable o falsable, puede ser aceptado como científico. En tales casos, que son los estudiados casi exclusivamente por los filósofos de la ciencia, imperan valores epistémicos: *la verdad*, o al menos la *verosimilitud*. Sin embargo, ni éstos son los únicos valores determinantes en la actividad científica, ni los científicos proponen únicamente enunciados, proposiciones o leyes. La ciencia se rige por otros muchos valores y adopta múltiples expresiones, aparte de la representación lingüística del conocimiento científico que se ofrece en las revistas, en los libros de texto y en las enciclopedias. También hay expresiones numéricas, gráficas, notacionales y materiales que son propuestas por los científicos y que han de ser evaluadas en función de criterios y valores muy distintos a los que rigen la evaluación o justificación de los enunciados científicos que tratan de predecir o de adecuarse a los hechos¹⁴⁷.

Simplificando mucho, podríamos decir que, cuando hemos de evaluar proposiciones científicas, la adecuación entre los enunciados y los hechos, o entre el decir y el ser, al modo de los filósofos griegos, es un criterio axiológico relevante. Sin embargo, hay criterios adicionales de evaluación, como la claridad, la no trivialidad o la deducibilidad de una proposición. No todos los enunciados científicos pueden ser analizados directamente en función de su correspondencia con los hechos, como bien se ha visto en los debates entre los lógicos partidarios de concepciones de la verdad basadas en la coherencia o en la correspondencia. Muchos enunciados, como por ejemplo las leyes, son lo suficientemente generales como para que su verdad y su falsedad no pueda ser dilucidada por simple corroboración empírica. En esos casos suelen deducirse consecuencias concretas a partir de las leyes, normalmente vinculadas a otros enunciados generales y a determinadas condiciones iniciales, de manera que su evaluación depende en primera instancia de su capacidad deductiva y predictiva. Una ley tiene mayor contenido empírico si de ella se derivan más predicciones concretas. La ley se confronta con los hechos de manera indirecta, a través de sus consecuencias.

En el caso de las matemáticas, resultan primordiales otros criterios: la consistencia, la coherencia, la decidibilidad, la independencia o la categoricidad de los sistemas formales han sido consideradas como propiedades

¹⁴⁷ Hay autores que siguen afirmando, sin embargo, que esas representaciones científicas son reducibles a enunciados. Por ejemplo, véase M. Bunge, *Teoría y Realidad*, Barcelona, Ariel, 1972, pp. 27-30.

metamatemáticas básicas. Aquí las consideraremos como valores epistémicos. Pero también en el caso de las ciencias formales influyen otro tipo de valores, como la simplicidad o la belleza, así como la aplicabilidad o la fecundidad. Al considerar las propiedades metamatemáticas de las teorías como valores, se advierte de inmediato que, además de los valores sintácticos y semánticos, hay que considerar también los valores prácticos o pragmáticos.

Si volvemos a las ciencias empíricas y a los criterios de evaluación de algunas de sus estructuras más complejas, como son las teorías, conviene subrayar que ni siquiera el contenido empírico basta como criterio único para aceptar una nueva teoría. Recordemos lo que decía Lakatos al propugnar su falsacionismo sofisticado:

"Para el falsacionista ingenuo cualquier teoría que pueda interpretarse como experimentalmente falsable es "aceptable" o "científica". Para el falsacionismo refinado una teoría es "aceptable" o "científica" sólo si tiene un exceso de contenido empírico corroborado con relación a su predecesora (o rival). Esta condición puede descomponerse en dos apartados: que la nueva teoría tenga exceso de contenido empírico (*aceptabilidad*₁) y que una parte de ese exceso de contenido resulte verificado (*aceptabilidad*₂). El primer requisito puede confirmarse inmediatamente mediante un análisis lógico *a priori*; el segundo sólo puede contrastarse empíricamente y ello puede requerir un tiempo indefinido.

Para el falsacionista ingenuo una teoría es *falsada* por un enunciado observacional ("reforzado") que entra en conflicto con ella (o que decide interpretar como si entrara en conflicto con ella). Para el falsacionismo refinado, una teoría científica T queda falsada si y sólo si otra teoría T' ha sido propuesta y tiene las siguientes características:

1. T' tiene un exceso de contenido empírico con relación a T; esto es predice hechos nuevos, improbables o incluso excluidos por T.
2. T' explica el éxito previo de T; esto es, todo el contenido no refutado de T está incluido (dentro de los límites del error observacional) en el contenido de T'.
3. Una parte del exceso de contenido de T' resulta corroborado" (Lakatos, 1983, pp. 46-47).

Por consiguiente, nunca es la pura contraposición entre predicciones y hechos comprobados (o falsados) lo que determina la aceptación de una teoría. Como han subrayado Popper, Kuhn, Lakatos y Laudan, las evaluaciones de las teorías no tienen como único criterio las dicotomías predicciones/hechos, o teoría/experiencia: se evalúa en función de las restantes alternativas disponibles. En el caso de teorías alternativas o inconmesurables, es decir en los procesos de cambio científico revolucionario, se recurre a un segundo criterio de evaluación, de índole comparativa: para que una teoría T sea descartada y otra teoría rival T" sea aceptada es preciso que la segunda sea *preferible o mejor*. La evaluación tiene lugar en este caso

entre dos sistemas teóricos antagónicos. Las teorías rivales se comparan entonces en función de una pluralidad de valores, que dan su significado concreto a las expresiones 'preferible' o 'mejor'.

Lakatos se interesó por dos criterios de preferencia racional, ambos de tipo epistémico: el mayor o menor contenido empírico y el potencial heurístico. El primer criterio es estrictamente maximizador, al igual que la evaluación de las teorías como sistemas de resolución de enigmas o de problemas¹⁴. El segundo criterio de Lakatos apela a juicios que ya no están basados en la simple contraposición verdadero/falso, sino en otro tipo de tablas de valores, tales como fecundo/inane, relevante/irrelevante, interesante/inocuo, prometedor/trivial, etc. Y no hay que olvidar que, cuando tratamos de leyes y de enunciados científicos generales, siempre se dan por supuestos otros valores, como el rigor y la precisión en las observaciones y mediciones, o como la coherencia y la validez de las deducciones lógicas o de los cálculos matemáticos que llevan de la ley general a la predicción concreta, a partir de unas condiciones iniciales que han de ser explícitas.

La verdad y la verosimilitud no son los únicos criterios de evaluación; en ocasiones, ni siquiera son los más decisivos a la hora de optar racionalmente entre dos o más teorías rivales. Las innovaciones científicas no siempre tienden a predecir hechos ni a explicar fenómenos. En determinadas fases de la actividad científica hay que controlar sobre todo el grado de precisión de los datos y de las mediciones, presuponiendo un margen de error. No es lo mismo valorar una fórmula de la lógica matemática que un algoritmo o una tabla de datos observacionales. La primera puede ser evaluada directamente por sus valores de verdad, o indirectamente por su capacidad deductiva, la cual depende de los sistemas axiomáticos en los que es una fórmula bien formada, mientras que el algoritmo será aceptado o no según su sencillez, operatividad, eficacia, rapidez o implementabilidad técnica, así como las tablas de datos lo serán por su precisión, exactitud, claridad, manejabilidad o por el simple hecho de ser fácilmente comprimibles. Cuando se habla de descubrimiento y de invención científicas, no sólo se alude a la demostración de un nuevo teorema, a la enunciación de una nueva ley o a la observación de un nuevo hecho. También son innovaciones los instrumentos de medida, de observación y de experimentación, las notaciones, los lenguajes y las representaciones informáticas, así como las

¹⁴ Véase el apartado III.3 para esta propuesta de Laudan, quien desarrolla las posturas previas de Kuhn.

técnicas de almacenamiento, recuperación y distribución de información y de conocimiento. Los criterios axiológicos que determinan la mayor o menor científicidad de unas u otras innovaciones son muy diversos, y cambian con el tiempo.

Una fórmula matemática puede ser más o menos fiable, según que haya sido demostrada, sea una conjetura con alto nivel de verosimilitud o se trate simplemente de una fórmula heurística. Otro tanto sucede con los instrumentos y técnicas de observación y de medida: existe toda una teoría del error que determina los niveles de fiabilidad de dichos instrumentos. La evaluación de las propuestas científicas no sólo depende de su verosimilitud o de su capacidad deductiva (a partir de una ley científica o de un sistema de axiomas), ni tampoco únicamente de su precisión o exactitud (al medir, al observar, al calcular). Hay otros valores, como la simplicidad, la generalidad, la simetría o la belleza, que han jugado un importante papel en muchos momentos claves de la historia de la ciencia. Asimismo hay que tener en cuenta la fecundidad y la potencialidad heurística de las innovaciones científicas: una conjetura, un problema y una teoría pueden generar muchas propuestas científicas a pesar de que no sean demostrables en un momento histórico dado, o no puedan ser contrastables empíricamente. Valgan la teoría de la relatividad de Einstein, la hipótesis de Riemann o la propia teoría copernicana como ejemplos insignes de estos criterios de evaluación usados por los científicos, basados en nociones tales como "interesante", "sugerente", "prometedor", "fértil", "fecundo", "atractivo", etc. Una propuesta audaz, sorprendente o novedosa suele tener una buena recepción inicial por parte de la comunidad científica, siempre que esté bien presentada y argumentada, sin prejuicio de cuál sea su destino final.

Se afirma con ello que *la valoración de las nuevas propuestas científicas*, sean éstas del tipo que sean (teóricas, prácticas, observacionales, técnicas, terminológicas, taxonómicas, axiomatizadoras, aplicadas o simplemente pedagógicas), constituye un *proceso*. No hay experimento crucial ni bien supremo que determinen de una vez por todas el veredicto de los científicos con respecto a una innovación científica o técnica. La racionalidad de la ciencia tiene una complejidad mayor que lo que pensaron muchos filósofos empiristas de la ciencia cuando trataron de proponer un criterio único y definitivo para decidir sobre la científicidad o no de un enunciado o de una teoría. La racionalidad científica es compleja precisamente porque recurre a varios criterios de evaluación, cada uno de los cuales interactúa con los demás. Como vimos en el capítulo anterior, la cuestión central de la axiología de la ciencia consiste en optimizar y armonizar una pluralidad de valores que son pertinentes para una acción científica concreta.

Cuando hablamos de la ciencia en general, hemos de centrarnos en aquellos criterios axiológicos que, parafraseando a Lakatos, podrían ser denominados el *núcleo axiológico* de la actividad científica¹⁴⁵. Dilucidar algunos de estos valores resulta fundamental si queremos hacer una filosofía de la ciencia que estudie la actividad científica en toda su complejidad, y no sólo como actividad investigadora e innovadora. Esta insuficiencia aqueja a la gran mayoría de los filósofos y de los sociólogos de la ciencia (no así a los historiadores), los cuales se han ocupado casi exclusivamente del contexto de descubrimiento y del contexto de justificación, desatendiendo los contextos de educación y aplicación y simplificando enormemente lo que es el contexto de evaluación. No sólo se evalúan teorías. La valoración de las propuestas científicas es un proceso iterativo que tiene lugar a lo largo de todas las fases de la praxis científica. Reducir el problema de la evaluación al de la elección racional entre teorías alternativas equivale a no considerar más que la punta del iceberg de la praxis científica.

IV.3. LA EVALUACIÓN EN EL CONTEXTO DE ENSEÑANZA

La valoración de las propuestas y de las acciones de los científicos tiene lugar en todos los contextos de la ciencia, y no sólo en el de descubrimiento o innovación. También se evalúa, y mucho, el proceso de aprendizaje del conocimiento y de la práctica científica. Asimismo se evalúan los sistemas educativos en sus diversos niveles. El contexto de educación no se limita a ser una simple transmisión de conocimiento e información, sea ésta de tipo teórico o práctico. Al ser una actividad que tiende a transformar el mundo (en este caso transforma a seres humanos), las personas, los instrumentos y las instituciones en donde se lleva a cabo esta labor deben ser valoradas y mejoradas una y otra vez.

También se evalúan los resultados de esta labor transformadora: por ejemplo la asimilación, memorización e interiorización de los contenidos enseñados, sin perder nunca de vista la capacidad de innovación y de crítica que el *sciturus* pueda manifestar a lo largo del aprendizaje. La acción educativa debe de producir unos efectos transformadores sobre el mundo donde se ejerce, que en este caso son personas. Ello no sólo implica adqui-

* Una auténtica paráfrasis de Lakatos implicaría hablar de núcleo axiológico firme, duro o fuerte. Conforme a lo indicado en el apartado sobre Ciencia y Género, aquí procuraremos no recurrir a metáforas que tengan una carga de género, o en todo caso haremos acciones afirmativas al respecto, por ejemplo al hablar de fecundidad o de fertilidad heurísticas.

sición de información o conocimiento, sino también destrezas y habilidades prácticas: de poco le sirve a un matemático saberse la teoría si luego no sabe hacer por sí mismo las demostraciones o no consigue resolver los problemas. Y otro tanto cabría decir, aún en mayor grado, de los futuros científicos experimentales.

La educación es una acción normalizadora, por una parte, pero también potenciadora del librepensamiento, de la crítica y de la capacidad de invención. Siendo estrictamente acumulativa, es decir, estando planificada en los contenidos y en los métodos, el orden en que se accede a los mismos resulta fundamental. Los conocimientos teóricos y prácticos que caracterizan a la ciencia sólo son accesibles en la medida en que se haya acreditado una competencia previa en los niveles educativos precedentes. La educación científica es un proceso continuamente iterado de construcción de conocimiento teórico y práctico. Por eso adopta la forma de saber sobre el mundo. En ningún contexto como el educativo fracasa tanto la regla metodológica de Feyerabend, todo vale. Y puesto que la enseñanza de la ciencia es condición necesaria para la reproducción y la mejora del conocimiento científico, sería un error ignorar los valores que rigen esta fase de la actividad científica: orden, claridad, capacidad formativa, potenciación del espíritu crítico, etc. Es de resaltar que la educación científica tiene unos objetivos abiertos: se trata de transformar a las personas para que adquieran unos mínimos, tanto en lo que respecta a los conocimientos teóricos como a las destrezas prácticas; pero a partir de esos mínimos, hay que promover también valores abiertos, como la excelencia y la creatividad. La evaluación de la docencia y de la discencia son axiológicamente plurales.

Los propios evaluadores y enseñantes han de ser evaluados para comprobar si su actividad docente es conforme a los contenidos previstos, sugerente en las formas y eficaz en los resultados. Asimismo hay que evaluar las técnicas, los instrumentos y los métodos pedagógicos. Y no están exentas de evaluación las propias instituciones y comunidades científicas. Ya en el contexto de enseñanza y difusión de la ciencia, por consiguiente, hemos de tomar en consideración múltiples criterios posibles de evaluación, de índole muy diferente.

Sin embargo, dicha diversidad de valores no implica una multiplicidad informe. Hay valores centrales que rigen más que otros la práctica científica en los diversos contextos, y en particular en el contexto de educación. El principal de todos ellos, al menos desde que la ciencia se convirtió en uno de los motores de la Ilustración, es la *comunicabilidad* de los contenidos científicos a cualquier ser humano; de este se deriva la exigencia de *publicidad*. El conocimiento científico ha de poder ser comunicado y ense-

nado públicamente, lo cual equivale a decir que todo ser humano ha de tener posibilidades de acceder a él: e incluso obligatoriamente hasta una cierta edad, como muchos Estados han determinado en sus Constituciones. Aunque Feyerabend haya puesto en cuestión la obligatoriedad de la enseñanza de la ciencia¹⁵⁰, la consideración de ésta como un bien público de toda la humanidad ha regido y rige el contexto de enseñanza y de difusión del saber científico, salvo excepciones y preocupantes retrocesos.

Como consecuencia, hay otro valor central para la actividad científica en este primer contexto que, aunque se deduce de lo anteriormente dicho, conviene subrayar: se trata de la universalidad o *cosmopolitismo* del saber científico. Dicho en otros términos: los contenidos científicos han de poder ser enseñados en cualquier lengua, independientemente de que unas lenguas estén más desarrolladas que otras por lo que respecta al vocabulario o al uso de términos científicos. Dentro del contexto de enseñanza, la ciencia es expresable en cualquier lengua, es traducible, sin perjuicio de que pueda haber paradigmas inconmensurables en un momento histórico dado. Las tesis de Kuhn sobre la inconmensurabilidad o la intraducibilidad, así como las afirmaciones previas de Quine, no afectan para nada a este valor fundamental de la educación científica. Tanto el saber teórico como el saber práctico de los científicos es *translingüístico* y *transcultural*, puesto que puede ser enseñado en cualquier lengua y en cualquier cultura.

Ello no equivale a decir que la ciencia pueda surgir a partir de cualquier lengua o de cualquier cultura, ni tampoco que la ciencia no transforme las lenguas y las culturas. Como ya se ha indicado varias veces a lo largo de esta obra, casi siempre siguiendo a Popper en este punto, hay formas sociales que son más propicias que otras para el desarrollo de la actividad científica. Otro tanto cabe decir de las lenguas. Por mucho que todas ellas sean ontológicamente iguales", no todas resultan igualmente aptas en cada momento histórico para el fomento de la ciencia. De hecho, para que pueda haber innovación científica desde una determinada cultura o lengua, el conocimiento y la praxis científica han de haberse insertado previamente en ellas, y a poder ser en profundidad. Además de una actividad, la ciencia es un trabajo, y hay culturas que han dedicado mucho más esfuerzo que otras a esta tarea. Por consiguiente, la ciencia es translingüística y transcultural, sin perjuicio de que su inserción en una lengua o en una cultura produzca cambios culturales y sociales cualitativos. Como se dijo desde el

principio, la ciencia es una actividad transformadora del mundo, y por ende también de las culturas y de las lenguas. La implantación de la educación científica obligatoria en una cultura supone uno de los principales programas de transformación cultural posible, sin perjuicio de que dicho programa de acción educativa haya de ser a su vez valorado, tanto desde el punto de vista de su pertinencia y de su oportunidad como desde el punto de vista de la estrategia o de los resultados que ofrece.

El carácter público y cosmopolita de la ciencia no han venido dados. No son naturales. No son cuestiones que dependan de la relación entre la Ciencia y la Naturaleza. Son logros culturales y sociales, o si se prefiere progresos de la *cultura científica*. Con ello estamos afirmando que no sólo hay progreso científico desde el punto de vista de la metodología, de la matematización, de las aplicaciones científicas o de la mejora del conocimiento del mundo. La ciencia también progresa por otras vías, como es la asimilación social de determinados valores que rigen la práctica científica. La publicidad y el cosmopolitismo son valores básicos en el contexto de educación, sin perjuicio de que también sean criterios axiológicos importantes en los restantes contextos. Lo que ocurre es que, en el caso del contexto de educación, la comunicabilidad, la publicidad, la traductibilidad y el cosmopolitismo son valores centrales, y por consiguiente constitutivos de lo que llamaremos el *núcleo axiológico* de la actividad científica educativa.

En cambio, en el contexto de aplicación no tienen esa función central, aun siendo valores a tener en cuenta. A la hora de aplicar el conocimiento científico, puede haber grandes diferencias entre las diversas culturas y zonas geográficas: la utilidad, la adecuabilidad y la pertinencia son criterios axiológicos mucho más importantes en el contexto de aplicación que la publicidad y el cosmopolitismo. Bueno es que se hagan públicas las componentes de un determinado producto farmacéutico o de un alimento envasado, así como su fecha de caducidad; bueno es que haya un registro internacional de patentes; pero estos dos valores no ocupan en el contexto de aplicación el lugar absolutamente central que les corresponde en el contexto de educación.

Como puede verse, no nos hemos referido para nada a la evaluación de las metodologías didácticas, aun siendo un tema de gran interés. En la medida en que la filosofía de la ciencia incluya una axiología de la ciencia, como se propugna en este libro, la contribución específica que los filósofos de la ciencia pueden hacer a los estudios sobre la ciencia (en este caso a los estudios sobre la educación científica), consiste en subrayar los valores generales, o si se quiere los prerequisites que determinan la actividad cien-

¹⁵⁰ Véase P.K. Feyerabend, *La ciencia en una sociedad libre*, Madrid, Siglo XXI, 1982.

¹⁵¹ Para esta tesis, véase V. Gómez Pin, *La dignidad*, Barcelona, Paidós, 1995.

tífica en cada contexto. A continuación, esos valores generales (el núcleo o centro axiológico) y los estudios que al respecto aporten los filósofos, interactuarán con otros criterios axiológicos que influyen en la práctica científica y que son objeto de estudio por diversos expertos (pedagogos, psicólogos, sociólogos de la educación, etc.).

Por poner un ejemplo: a la hora de propugnar una acción fuerte en el contexto de educación (por ejemplo una nueva ley de educación), lo primero es dilucidar los valores que van a marcar dicha reforma. A partir de ellos se podrán definir los objetivos generales y los objetivos concretos, así como la estrategia para lograr su realización y las medidas adecuadas para lograrlos. También hay que estudiar el modo de garantizar el desarrollo de ese núcleo axiológico en un contexto social concreto, lo cual implicará un estudio minucioso de la realidad (social e institucional) de la que se parte. Las acciones científicas son transformadoras, y por ello han de tener siempre en cuenta las condiciones iniciales (o estados de cosas, por decirlo en términos wittgensteinianos). Las acciones científicas en el contexto de educación son racionales porque parten de un análisis previo de las condiciones de partida y, tras definir un conjunto de valores rectores de la actuación y tratar de optimizarlos por medio de una estrategia y de unas acciones concretas, definen unos objetivos que hay que alcanzar, así como unos cánones mínimos para la evaluación de ese proceso de transformación. Este esquema vale para la actividad docente en el aula como para el diseño de una institución educativa.

Partiendo de esta concepción de la acción racional, y teniendo en cuenta que se trata de acciones colectivas, o en último término sociales, el debate sobre la intencionalidad individual de dichas acciones pierde relevancia. La actividad científica nunca se juzga por sus intenciones, sino por sus resultados. Ese juicio o evaluación se hace en función de una pluralidad de valores previamente aceptados, así como del grado de optimización de los mismos que se manifieste en esos resultados. Las implementaciones concretas que los técnicos educativos puedan hacer a un programa de acción científica basado en los valores nucleares de la ciencia pueden ser decisivas a la hora de evaluar dicha acción. También en el contexto de educación prima el hacer sobre la teoría, como indicó Hacking en el contexto de innovación".

¹ Véase el apartado 1.5.

IV.4. LA EVALUACIÓN EN EL CONTEXTO DE INNOVACIÓN

Si pasamos al contexto de innovación, antes llamado contexto de descubrimiento, no cabe duda de que, pese a que los criterios de evaluación también son múltiples en este caso, es posible distinguir componentes de un *núcleo axiológico*, que pueden quedar suficientemente representados por algunos de los valores epistémicos o finalidades de la ciencia que han investigado los epistemólogos y los filósofos de la ciencia a lo largo del siglo XX. El conocimiento científico ha de poseer una estructura lógica y un armazón metodológico, sin perjuicio de que los criterios metodológicos, e incluso los lógicos, puedan variar a lo largo de la historia. La *generalidad*, la *coherencia*, la *consistencia*, la *validez*, la *verosimilitud* y la *fecundidad* han solido ser consideradas como condiciones *sine quae non* para que algo sea aceptado como científico. Estos criterios de valoración, ampliamente estudiados y comentados por los lógicos, metodólogos y epistemólogos, forman parte de lo que aquí hemos llamado el núcleo axiológico de la ciencia en el contexto de innovación. Una hipótesis ha de ser verosímil, en el sentido de que debe adecuarse a los hechos. Un razonamiento debe de ser válido. Generalizar un teorema siempre se considera que es un avance científico. Las teorías deben de ser coherentes y consistentes, y a poder ser fecundas, en el sentido de que permitan la generación de nuevos hechos, nuevos resultados y nuevos problemas. La capacidad para resolver problemas previamente planteados la incluimos dentro de este criterio axiológico al que llamamos fecundidad.

Pero hay que señalar que, por lo que respecta al contexto de innovación o de descubrimiento, el núcleo axiológico tampoco se reduce a estos criterios epistémicos. También hay que incluir en ese núcleo algunos valores que son prerequisites de los anteriores, por una parte, así como una serie de valores pragmáticos que suelen tener aplicación general.

La *objetividad*, entendida al modo de Popper, es uno de ellos. Una determinada innovación debe poder ser reproducida por personas o grupos diferentes a aquellos que la propusieron. El conocimiento científico se distingue así de otras formas de conocimiento, como el de los místicos o los sabios zen. Las propuestas de los científicos han de ser reproducibles en ámbitos distintos a aquellos en donde se produjeron. De nada sirve construir hechos en un laboratorio o llegar a procesos de consenso en ese escenario si luego esos hechos o esos consensos no son reproducibles por otros agentes científicos. Si una demostración, una observación, un proceso de medición o un experimento no fueran reproducibles por doquier y por cualquiera, no podrían ser admitidos como ciencia. La objetividad, entendida

popperianamente como intersubjetividad, es un criterio axiológico nuclear del conocimiento y de la praxis científica. No basta con que un científico comunique los resultados que ha obtenido en un experimento; también ha de indicar cómo llevó a cabo ese experimento, con el fin de que pueda ser repetido y confirmado. Esta corroboración o confirmación es intersubjetiva, transcultural y transtemporal. Y aunque los sociólogos de la ciencia han estudiado casos muy interesantes en los que no se produjeron confirmaciones de las observaciones realizadas por otros equipos investigadores, lo cierto es que la aceptación de un resultado como científico pasa por un intercambio y una evaluación previa entre distintos equipos de investigadores^{'''}. La discordancia entre los datos obtenidos por un grupo u otro constituye un problema que hay que resolver y explicar. La ciencia se basa en la intercorrespondencia exacta entre los datos y los resultados a los que puedan llegar unos investigadores y otros, siempre que sus prácticas y sus instrumentos hayan sido los mismos, sin que el lugar, la época, la cultura o las creencias subjetivas puedan alterar esa intercorrespondencia, que está a la base de la objetividad científica.

Otro valor importante es la utilidad, bien sea teórica, bien sea práctica. El hecho de que una teoría sea predictiva implica una utilidad epistémica, pero puede haber innovaciones científicas, como las de los matemáticos, que son útiles porque permiten resolver problemas prácticos: calcular con mayor rapidez, lograr unos resultados más exactos, etc. La utilidad es un valor clave, no sólo en el contexto de aplicación, sino también en el de innovación.

Vayamos a los valores propiamente pragmáticos. La *honestidad* es uno de ellos, entendiendo por tal la no apropiación de descubrimientos o invenciones ajenas, la mención a las fuentes en las que uno se ha basado, la veracidad de los datos empíricos obtenidos, o simplemente y por resumir, la opción en contra de la mentira y del engaño.

La *competencia* en el uso de los instrumentos científicos (sean éstos artefactos materiales o conceptuales) es un segundo criterio de valoración de la praxis científica, y con frecuencia es usado como indicador previo, antes de aplicar otros valores. Así como en el contexto de educación se suele estar atento a las faltas de ortografía o a las incorrecciones sintácticas (por ejemplo un programa informático mal escrito), así también la destreza en

^{'''} Véase la obra de Carlos Solís (1994), pp. 26-29, en donde se resume el estudio histórico de Schaffer sobre la dispersión de los colores mediante un prisma en Londres y en el continente a finales del XVII y principios del XVIII. Los datos obtenidos por unos y otros equipos investigadores no coincidían.

el uso de las herramientas científicas suele ser un indicador de la fiabilidad o credibilidad de los científicos y de sus propuestas.

Podrían mencionarse otros valores de índole pragmática, pero los dos mencionados pueden bastar, al menos a título provisional. No se trata de delimitar aquí con todo rigor los valores que componen el núcleo axiológico en el contexto de innovación, puesto que dicho núcleo varía en función de las diversas ciencias y de las épocas históricas. En esta obra nos vamos a limitar a mostrar que la pluralidad axiológica de la ciencia es real y que investigarla a fondo es una tarea que los filósofos de la ciencia deben acometer. Numerosas polémicas y controversias habidas a lo largo de la historia de la ciencia sólo son inteligibles si se tienen en cuenta esos criterios axiológicos que permiten evaluar y juzgar la práctica científica, y no sólo la producción de conocimientos.

Desde que la actividad científica se profesionalizó, el reconocimiento previo de una competencia profesional y de una honestidad han sido condición *sine qua non* para que las innovaciones hayan sido sometidas a evaluación epistémica, metodológica o conceptual. Para publicar un artículo en una revista científica, o simplemente para ser miembro de un equipo investigador, hay que tener la titulación y la especialización correspondiente. La investigación científica es llevada a cabo por expertos que han tenido que *probar su competencia técnica* una y otra vez. Dicha competencia admite grados: el prestigio y el reconocimiento son componentes importantes de la axiología práctica en el contexto de innovación. En cuanto a la honestidad, en numerosas ciencias ha ido surgiendo toda una deontología, cuando no una ética de la actividad científica. La presentación de datos amañados para corroborar las hipótesis planteadas en una tesis doctoral o en un trabajo de investigación, por ejemplo, suele bastar para invalidar como científico a quien haya ejecutado esos desmanes, al igual que sucede en los casos de plagio.

La *libertad de investigación* es asimismo un valor central en este contexto, sin perjuicio de que pueda quedar atemperado por otros valores, como el *control social* de la investigación científica. Llegados a este punto, entramos en uno de los debates centrales de la axiología actual de la ciencia, en el que los filósofos de la ciencia deben de participar, sin ninguna duda. Afirmar que estos valores, o sólo uno de ellos, forman parte del núcleo axiológico en el contexto de innovación, equivale a optar por teorías axiológicas de la ciencia contrapuestas, que a nuestro modo de ver tienen mucho más interés que el debate sobre la corroborabilidad o la falsabilidad, por poner un ejemplo de debate sobre una axiología exclusivamente epistémica. Una política científica que promueve acciones concretas en el con-

texto de innovación siempre trata de producir transformaciones sociales, y no sólo progreso del conocimiento. Optar por un núcleo axiológico u otro, considerando como valor central el control social de la ciencia, o, por el contrario, afirmar que la libertad de investigación es un valor central, mientras que el control social es un valor periférico, que sólo debe aplicarse en casos extremos, todo ello da lugar a políticas de investigación científica estrictamente opuestas. Por consiguiente, también en el contexto de innovación cabe hablar de la ciencia como una acción racional regida por una pluralidad de valores, entre los cuales hay varios que son epistémicos, pero también otros que son prácticos.

La axiología que determina y orienta en cada momento histórico las diversas acciones de los científicos es, como vemos, plural, y no está exenta de tensiones internas, como sucede con todo sistema de valores; pero esa pluralidad está estructurada y determinada, en primer lugar por los cuatro contextos ya aludidos, en segundo lugar por los respectivos núcleos axiológicos, y en tercer lugar por el grado de optimización del sistema de valores al que llegue cada axiología concreta. Desde este tercer punto de vista, que resulta ser el determinante a la hora de evaluar las grandes innovaciones científicas (como las teorías que implican cambios revolucionarios) hay que analizar los diversos grados de primacía de cada valor en función del contexto del que nos ocupemos, del tipo de ciencia que analicemos y del marco histórico y social en que la actividad científica tenga lugar. La idea central que aquí se defiende es que no debe pensarse que hay un valor preponderante, por mucho que en algunos momentos históricos ello puede suceder: por ejemplo en caso de guerra, cuando el patriotismo prima como valor pragmático y los programas de investigación se definen y se seleccionan estrictamente en función de las necesidades más perentorias de la defensa, y cuando los propios científicos son movilizados y pasan a trabajar en aquellos puestos que sean considerados más útiles para el objetivo social preponderante.

Aparte de este núcleo axiológico, la evaluación de las innovaciones científicas y técnicas tiene en cuenta otros muchos criterios, y por ello constituye un proceso mucho más complejo de lo que creyeron los filósofos analíticos. Una buena axiomatización y un buen método de presentación del conocimiento científico (Euclides, Newton, Mendeleiev, Zermelo, etc.), al igual que una convincente refutación experimental de una teoría tradicionalmente admitida (la del flogisto, la del éter, la del creacionismo biológico, etc.), representan importantes bazas a la hora de valorar una teoría o una práctica científica. La ciencia se desarrolla muchas veces con independencia de los grandes criterios de valoración y de justificación epis-

témica o conceptual, teniendo en cuenta axiologías mucho más concretas. Desconocer estas microvaloraciones de los descubrimientos y de las invenciones científicas implica tener una concepción idealizada y abstracta de la actividad científica. Sería como si pensáramos que las sociedades y los individuos se mueven y actúan en función de las grandes ideologías. Sería, por consiguiente, hacer *ideología de la ciencia*, y no filosofía de la ciencia.

IV.5. LA EVALUACIÓN EN EL CONTEXTO DE APLICACIÓN

Si pasamos a considerar el contexto de aplicación, los criterios axiológicos se amplían todavía más. Desde Bacon, la ciencia moderna ha tenido una componente aplicada que no puede ser dejada de lado a la hora de hacer una consideración filosófica no reduccionista de la actividad científica.

La *utilidad pública* (o privada) de las innovaciones científicas, sean éstas teorías o sean simplemente artefactos que puedan ser usados en la vida cotidiana (medicinas, alimentos, electrodomésticos, etc.), pertenece al núcleo axiológico del contexto de aplicación. Incluimos en este valor tanto los beneficios y daños sociales que puede producir una innovación tecnocientífica a la hora de ser aplicada (por ejemplo un medicamento o un artefacto como el automóvil), como los beneficios y las pérdidas económicas que los procesos de innovación suelen ocasionar entre empresas y ramas completas de la industria.

Otro valor nuclear es la *eficacia*: entre dos propuestas tecnocientíficas rivales se prefiere (o se considera mejor) aquella que resuelve más eficazmente un determinado problema. Y no hay que olvidar el coste: dado que el contexto de aplicación de la ciencia incide fuertemente en la economía y en la sociedad, y suele requerir inversiones considerables, los aspectos económicos de la actividad científica, que por supuesto ya están presentes en los contextos de educación y de innovación, pasan aquí a tener una importancia mucho mayor. La axiología de la ciencia en el contexto de aplicación no suele ser autónoma, precisamente porque, al aplicarse, la ciencia interactúa con otras formas de actividad social. Los criterios de valoración que se aplican en este contexto suelen estar íntimamente emparentados con lo que genéricamente se llama *evaluación de tecnologías*¹⁵⁴.

¹⁵⁴ Sobre este tema, que no abordaremos en esta obra, pueden verse las diversas obras publicadas por el INVESCYT (Instituto de Investigaciones sobre Ciencia y Tecnología), por ejemplo la obra editada por Manuel Medina y José Sanmartín, *Ciencia, Tecnología y Sociedad*, Barcelona, Anthropos, 1990, así como las publicaciones de la serie Impactos de la editorial Fundesco, por

En el contexto de aplicación cabe distinguir también entre *valores epistémicos* y *valores prácticos*. La función explicativa de la ciencia, e incluso su función predictiva (de los fenómenos, del mundo, de los desastres naturales, de las enfermedades, etc.), pueden ser considerados como valores epistémicos particularmente relevantes en el contexto de aplicación. Siempre conviene recordar a este respecto que el mismo Newton argüía que sus teorías sobre la gravitación, en la medida en que explicaban y predecían la aparición de los cometas, tendrían un efecto social beneficioso, porque contribuirían a que remitieran los desórdenes sociales que en su época ocasionaban las apariciones de los cometas. Otro tanto cabe decir de la meteorología, de la medicina o de la biología, y en general de las ciencias con una vocación aplicada más fuerte. En ellas los valores epistémicos están estrechamente vinculados a los valores prácticos.

Hablando en términos generales, cabe decir que el contexto de aplicación está determinado por un valor básico, que podríamos resumir con el siguiente verbo: *mejorar*. Si la ciencia posee valores aplicados es porque la actividad científica está guiada por el principio de lo mejor. La contribución de la ciencia a unas mejores condiciones para la habitabilidad, el desplazamiento, la alimentación, la procreación, la salud o la comunicación entre los seres humanos, son sin duda algunos de los grandes exponentes del progreso científico, considerado desde el punto de vista del contexto de aplicación.

Pero existen otros muchos valores que han estado o pueden estar vigentes en el contexto de aplicación de la actividad científica. Pongamos un ejemplo: la ciencia ha estado estrechamente vinculada a lo largo de la historia a la actividad militar. La invención de nuevas armas que pudieran ser aplicadas eficazmente contra el enemigo, por mencionar el caso más característico, constituye una de las aplicaciones históricamente más notables de la ciencia. Ello ha dado lugar a auténticas *crisis de valores* en algunos científicos, en particular cuando determinadas innovaciones científicas eran valoradas en función de su capacidad destructiva, o más concretamente por la mejora de la capacidad destructiva (o defensiva) con respecto al armamento del que disponía el enemigo. Desconocer esta faceta de la actividad científica, y en particular la transmutación de valores a la que da lugar este ámbito de aplicación, equivaldría a hacer una filosofía biempensante de la ciencia, y escasamente analítica, por cierto. Los valores que

ejemplo el libro editado por Roberto Dorado y otros, *Ciencia, Tecnología e Industria en España* Madrid, Fundesco, 1991.

rigen la actividad científica en tiempo de guerra han de ser estudiados minuciosamente, porque en estos momentos históricos se muestra hasta qué punto el núcleo axiológico de la ciencia cambia radicalmente. Estas crisis de los valores científicos, que han de ser cuidadosamente distinguidas de las crisis de paradigmas, suelen manifestarse subjetivamente en forma de crisis de conciencia de los científicos y de sus comunidades; mas también de manera objetiva, en la medida en que las líneas de investigación se modifican fuertemente, y no sólo desde el punto de vista de las aplicaciones, sino incluso de las teorías. Muchos científicos experimentan esas crisis de valores como auténticas contradicciones de la actividad científica, que de ninguna manera son epistémicas, sino prácticas. Podemos concluir, por consiguiente, que hay crisis axiológicas en la ciencia, y no sólo crisis de los paradigmas epistémicos (o crisis de fundamentos).

La ciencia contemporánea ha revelado otro aspecto de la actividad científica aplicada que conviene resaltar, y que tiene que ver con lo que empieza a llamar *economía de la ciencia*. No sólo afecta al contexto de aplicación. También la investigación científica, e incluso la propia enseñanza de la ciencia, poseen una componente económica que cada vez va siendo más importante. Por una parte la ciencia se ha profesionalizado, con la consiguiente generación de puestos de trabajo públicos y privados que tienen que ver de una manera o de otra con la actividad científica, y que dan lugar a todo un sector económico, cada vez más relevante en los países desarrollados. Por otra parte, la investigación científica, y en concreto los procesos de innovación, requieren grandes inversiones económicas para ser llevados a cabo. Ello da lugar a que numerosos descubrimientos e invenciones requieran una costosísima infraestructura económica como condición de posibilidad. Por consiguiente, cabe distinguir entre actividades científicas caras y baratas, y ello ya en el contexto de enseñanza y de innovación.

Sin embargo, es en el contexto de aplicación en donde el circuito económico de la actividad científica se completa y deviene más significativo, motivo por el cual los criterios de evaluación de la actividad científica desde el punto de vista económico han de ser tratados fundamentalmente en este cuarto contexto. La innovación científica y tecnológica va siendo una fuerza productiva cada vez más importante, que genera a veces enormes beneficios económicos y puede ocasionar cambios la propia producción social. Consiguientemente, la *rentabilidad* y el *impacto económico y social* de las aplicaciones científicas (y no sólo de la tecnología) pasan a ser criterios importantes de valoración de la ciencia, a veces por encima de la utilidad pública a la que hicimos alusión anteriormente.

La profesionalización de la actividad científica ha producido una estrecha vinculación entre la ciencia y el mercado de trabajo. Todo ello equivale a decir que la generación de riqueza económica, o en términos más generales, la mejora económica, ha pasado a ser un criterio axiológico cada vez más relevante para la actividad científica. Hay numerosas innovaciones científicas y tecnológicas que son patentadas inmediatamente, con lo cual se entra en colisión con el valor clásico de la publicidad del conocimiento científico, reapareciendo tendencias hacia la privatización del saber científico, cuando no hacia el secretismo.

Para terminar este breve vistazo a algunos de los aspectos axiológicos de la actividad científica, conviene insistir en que no cabe hablar de una jerarquía estable e intemporal dentro de esa pluralidad estructurada de valores que vamos esbozando. En algunos momentos históricos (caso de las guerras o de los grandes desastres naturales: sequías, epidemias, etc.) y en algunas disciplinas, la aplicación de la ciencia prevalece sobre los valores exclusivamente epistémicos. También sucede al revés, como muestra el caso de las matemáticas y de la investigación básica, sin perjuicio de que también la investigación básica ha estado determinada muchas veces por sus aplicaciones, incluidas sus aplicaciones a la guerra (véanse Arquímedes, Vieta, Nobel, o más recientemente von Neumann con la aplicación de los ordenadores recién inventados al proyecto Manhattan).

Consiguientemente, cuando los filósofos de la ciencia se aplican a la valoración y a la justificación de la ciencia, no deben recurrir a tablas de valores rígidas. La actividad científica no sólo es dinámica porque se desarrolla a lo largo de la historia y porque la ciencia se aplica a la transformación de la realidad; la ciencia posee también una dinámica propia, que no sólo tiene que ver con la historia *interna* de los conceptos o leyes científicas, sino también con las oscilaciones de los criterios axiológicos internos y externos que marcan los objetivos de la actividad científica. Los criterios de evaluación interactúan entre sí, y pueden llegar a ser contradictorios en determinados momentos. La ciencia no está exenta de oposiciones axiológicas. Lo importante es la optimización de la pluralidad de valores vigentes a la que se llegue en cada momento. No es lo mismo una ciencia que se desarrolla en una economía socializada, en la que el Estado es el principal potenciador de la actividad científica, que una ciencia desarrollada en empresas privadas regidas por una tabla de valores donde el beneficio y la competitividad son predominantes. Al respecto, no hay que olvidar la enorme transformación que ha experimentado la investigación científica durante el siglo XX en los Estados Unidos de América: frente al patrocinio público de la ciencia clásica, en la actualidad un 50% de la investigación

científica en dicho país es financiada por empresas privadas. Ello implica la primacía de nuevos valores, tales como la rentabilidad y el beneficio económico.

Como advertimos antes, la dilucidación de la científicidad de un saber es por sí misma un proceso, y no un juicio apodíctico basado en un criterio único o fundamental, por ejemplo epistemológico. Todavía más complejos y plurales son los debates relativos al mayor o menor grado de científicidad de unos saberes u otros, pues a veces prima el contexto de innovación y a veces el de aplicación, con su pluralidad intrínseca de criterios de valor; sin olvidar el contexto de educación, mediante el cual la ciencia interactúa directamente con la sociedad y cumple una función normalizadora.

IV.6. LA AXIOLOGÍA DE LA CIENCIA Y EL CONTEXTO DE EVALUACIÓN

Una última consideración sobre el contexto de evaluación. Hasta ahora hemos visto sus interrelaciones con los otros tres contextos. Sin embargo, el contexto de evaluación tiene su propia entidad, particularmente relevante por lo que respecta a la filosofía de la ciencia, ya que ésta ha de estar inmersa, parcial o totalmente, en el contexto de valoración de la actividad científica.

Los epistemólogos de inspiración empirista y neopositivista defendieron una filosofía de la ciencia que debía reducirse a pura epistemología y cuyo ámbito de trabajo era el contexto de justificación. Desde ese punto de vista, sólo recurrían a criterios epistémicos para reflexionar sobre la ciencia, analizando y reconstruyendo las teorías científicas. Reducir las teorías científicas a sistemas formales, a poder ser axiomatizados, para luego poder estudiar las propiedades metateóricas correspondientes, y en concreto las propiedades sintácticas y semánticas, fue la base de su programa. Desde estos planteamientos, el contexto de justificación era el ámbito propio de los filósofos de la ciencia, mientras que el contexto de descubrimiento les correspondía a otros profesionales y estudiosos de la ciencia: historiadores, sociólogos, psicólogos, etc. El programa fuerte en filosofía racionalista de la ciencia, como denominó Newton-Smith a las propuestas de Popper, Lakatos y Laudan¹⁵⁵, amplió este panorama de estudios, afrontando los problemas clásicos de la filosofía de la ciencia (cientificidad, demarcación, racionalidad, realismo, etc.) desde una *concepción teleológica* de la filosofía

¹⁵⁵ W.H. Newton-Smith, *La racionalidad de la ciencia*, Barcelona, Paidós, 1987, p. 260.

de la ciencia, como la denominó Resnik. Los objetivos y las finalidades de la actividad científica determinan la metodología de la ciencia, y en buena medida la epistemología.

A partir de Kuhn, y sin olvidar el amplio desarrollo que han tenido en los últimos años las diversas escuelas de sociología del conocimiento científico, la filosofía de la ciencia ha de afrontar la pluralidad axiológica de la ciencia, en la medida en que los valores constituyen una componente estructural de los paradigmas y rigen la actividad de los científicos. Ya no basta con una justificación puramente epistémica de las teorías científicas. La ciencia es una actividad transformadora del mundo, y por consiguiente hay que analizar los valores que gobiernan la práctica científica.

El contexto de evaluación deviene así el ámbito por excelencia para la filosofía de la ciencia. Partiendo de esta perspectiva, caben dos líneas básicas de trabajo:

1. Estudiar la axiología de la ciencia tal y como ésta se produce empíricamente en la actividad de los científicos, y ello tanto a nivel individual como a nivel de grupo, a nivel institucional o a nivel social. Este trabajo debe de ser llevado a cabo en colaboración con los historiadores y los sociólogos de la ciencia, así como con los expertos en la incidencia de la tecnología sobre la sociedad. Desde el momento en que, como aquí hemos propuesto, se consideran las propiedades metateóricas como valores, se produce un giro radical en la orientación de la filosofía de la ciencia. Los momentos históricos claves, pero también la ciencia contemporánea, pueden ser analizados desde una perspectiva muy distinta a la de la concepción heredada.

2. La filosofía de la ciencia, sin embargo, no tiene por qué reducirse a la tarea anterior. O lo que es lo mismo, la filosofía de la ciencia no tiene por qué ser sólo un saber de segundo nivel (metacientífico). En la medida en que la filosofía de la ciencia incluya una Axiología, además de una Metodología y una Epistemología de la Ciencia, la filosofía de la ciencia tiene un segundo ámbito de estudio que ya no depende de cómo haya sido o sea la ciencia, sino de cómo debería ser.

Pudiera parecer que con ello volvemos a la concepción normativa de la filosofía de la ciencia, y en parte es cierto. Sin embargo, hay un matiz importante a subrayar. La filosofía de la ciencia no ha de ser normativa respecto a los contenidos de la ciencia, ni tampoco respecto a la metodología. Es imprescindible aceptar y promover el pluralismo metodológico de la ciencia, en lugar de regresar a los programas unificacionistas. Sin embargo, la filosofía de la ciencia sí puede analizar y promover nuevos valores, tanto epistémicos como prácticos, que puedan ser *innovaciones axiológicas* para los propios científicos.

De hecho, éste ha sido el papel histórico de muchos filósofos en relación a la actividad científica: baste recordar a Bacon, a Descartes, a Locke o a Kant, por no remontarnos hasta el propio Aristóteles, quien generó una duradera Axiología de la Ciencia, que ha perdurado durante siglos. En la medida en que los filósofos de la ciencia, tras llevar a cabo minuciosos estudios empíricos sobre los valores vigentes en la actividad científica, sean capaces de analizar, recomponer y mejorar los sistemas de valores de los científicos en sus diversos contextos, la filosofía de la ciencia puede ser una actividad de primer orden en su relación con la ciencia, y no sólo una actividad metacientífica. Cuando se pide la presencia de filósofos para evaluar tecnologías o para estudiar las consecuencias que determinadas innovaciones científicas pueden tener sobre la sociedad, no se busca una filosofía de la ciencia lastrada por el prurito cientifista, sino una que afirme resueltamente su voluntad transformadora del mundo desde su conocimiento de las diversas formas de saber que caracterizan a los seres humanos, y entre ellas el saber científico.

La filosofía de la ciencia no puede seguir reduciéndose a una epistemología, ni debe de seguir ocupándose únicamente de los valores epistémicos. En la medida en que sepa vincular los valores propios de la actividad científica con los que rigen la actividad económica, política, artística o religiosa, por mencionar sólo unas cuantas de las prácticas sociales de mayor influencia, la filosofía de la ciencia estará contribuyendo a vincular estrechamente la cultura científica con otras formas de cultura humana. El programa demarcacionista que trató de separar a los filósofos de los restantes gremios que se ocupan en estudiar la ciencia, así como de los científicos y tecnólogos, es un programa que debe pasar a la historia de la filosofía de la ciencia.

V

El conocimiento científico y la práctica científica

VI. ENSEÑAR A CONOCER CIENTÍFICAMENTE

Kant comenzó su *Crítica de la Razón Pura* con las siguientes frases, escritas bajo la rúbrica "De la distinción del conocimiento puro y empírico":

"No se puede dudar que todos nuestros conocimientos comienzan con la experiencia, porque, en efecto, ¿cómo habría de ejercitarse la facultad de conocer, si no fuera por los objetos que, excitando nuestros sentidos de una parte, producen por sí mismos representaciones, y, de otra, impulsan nuestra inteligencia a compararlas entre sí, enlazarlas o separarlas, y de esta suerte componer la materia informe de las impresiones sensibles para formar ese conocimiento de las cosas que se llama experiencia?"¹⁵⁶.

Difícilmente puede mantenerse este planteamiento, ni siquiera como punto de partida que posteriormente vaya a ser modificado, al menos si pensamos en el conocimiento científico. De seguir al pie de la letra estas frases kantianas, podría parecer que el conocimiento es cosa de Robinsones perdidos en alguna isla desierta y confrontándose en ella con objetos que excitan sus sentidos y su facultad de conocer, hasta el punto de que todo el edificio del conocimiento, con su inmensa complejidad y especialización, podría surgir por la simple interacción entre el sujeto dotado de una facultad de conocer y los objetos percibibles por los sentidos.

Es sabido que Kant criticó ulteriormente esos planteamientos de rai-gambre empirista. Sin embargo, el mero hecho de plantear el debate en esos términos tuvo, a nuestro entender, consecuencias poco deseables para

¹⁵⁶ E. Kant, *KrV*, Introducción, I, p. 76 de la ed. Sopeña, Buenos Aires, 1961.

la teoría kantiana del conocimiento científico. Y aunque Kant defendió enérgicamente la racionalidad en el ámbito de la práctica, a diferencia de Hume", lo cierto es que ello tuvo lugar pagando el precio de la separación estricta entre el conocimiento y la praxis científica. Contrariamente a estos planteamientos kantianos, conviene partir de los siguientes puntos en todo cuanto se refiere al conocimiento científico:

1. No es posible que un ser humano adquiera conocimiento científico sobre cualquier tema sin partir de un conocimiento humano previo sobre dicho tema. Por consiguiente, el conocimiento científico no sólo ha de ser comunicable, sino que ha de haber sido comunicado para poder ser científico. A partir de ese requisito previo, el conocimiento transmitido podrá ser rechazado, corregido, mejorado o modificado radicalmente. Pero cada transformación del conocimiento heredado debe hacerse en base a razones y a argumentos críticos en contra de lo aprendido.

2. La principal forma de comunicación del conocimiento científico es la enseñanza, precisamente porque trasciende la contemporaneidad. La profesionalización de la ciencia trajo consigo un cambio radical de la actividad científica, y entre sus múltiples consecuencias conviene destacar la institucionalización de la enseñanza de la ciencia, y en concreto de la *enseñanza obligatoria de la ciencia*. A partir de ese momento, la transmisión del conocimiento quedó normalizada socialmente.

3. Uno de los primeros objetivos de la educación científica consiste en enseñar a conocer los objetos de la ciencia, por una parte, pero también los instrumentos que luego permitirán conocer más objetos científicos, y con mayor detalle. La alfabetización científica pasa por el aprendizaje de lo que son las letras, los números, las operaciones matemáticas, los métodos de clasificación; pero también pasa por el aprendizaje de lo que hay que mirar a través de un microscopio o de lo que hay que hacer con una probeta. Si un ser humano no aprende a manejar adecuadamente los instrumentos científicos (la regla, el compás, el termómetro, el ordenador, etc.) no puede acceder al saber científico.

4. La enseñanza de la ciencia implica una acción (docente) de unas personas sobre otras. Para cada ser humano individual, un alto grado de aprendizaje de lo que es la ciencia, tal y como puede lograrlo a partir de lo que le dicen y le enseñan otros seres humanos, resulta imprescindible para poder acceder al saber científico.

5. No hay conocimiento científico individualizado sin la previa mediación de otros seres humanos que han comunicado dicho conocimiento y, sobre todo, han enseñado a conocer científicamente. La ciencia no surge porque los objetos excitan nuestros sentidos y producen en nuestras mentes representaciones, sino porque otros seres humanos nos animan, o incluso nos obligan a fijarnos en determinados objetos, así como a fijarnos en ellos de determinada manera y con ayuda de determinados instrumentos. *No hay experiencia científica que no parta de una experiencia previa*. Socialmente hablando, estas experiencias previas son innatas (previas a la mente) para el aprendiz de científico y constituyen un saber aceptado y canonizado para el maestro que las enseña, las comunica y las transmite a otros seres humanos. Las representaciones científicas que se utilizan en el contexto de educación no están generadas por los objetos, sino por los agentes docentes: son estrictamente artificiales.

Toda esta actividad educativa puede iniciarse en los ámbitos domésticos, pero tiene como escenarios principales la escuela, las universidades y los medios de difusión del conocimiento científico. La enseñanza de un saber científico previamente constituido es condición necesaria, aunque no suficiente, de la constitución del sujeto científicamente cognoscente. La facultad de conocer de la que hablaba Kant (*Erkenntnisvermögen*) ha de ser adecuadamente excitada generación tras generación por personas formadas científicamente, animando y motivando a los neófitos para que se interesen por el saber científico y pasen por las duras mediaciones que hay que superar para adquirir una competencia en un campo concreto de la ciencia. La experiencia de la que habla Kant, por consiguiente, es una *experiencia socialmente mediatizada*.

Ello por dos motivos fundamentales. El primero: la intelección de los objetos del conocimiento científico depende radicalmente del lenguaje y de los sistemas de signos que utilizan los científicos; es decir, de construcciones sociales altamente artificializadas. En segundo lugar: si pensamos en los objetos científicos tal y como éstos son entendidos por la ciencia actual, tampoco cabe duda de que las representaciones bajo las cuales dichos objetos se ofrecen a nuestros sentidos también están mediatizadas. Baste pensar en las enciclopedias ilustradas, en los programas televisivos de difusión científica o en los ordenadores domésticos para comprobar que siempre existe una mediación social en todo aprendizaje de la ciencia. Un niño y una niña nunca acceden al conocimiento científico confrontándose con la naturaleza, sino con representaciones artificializadas de la misma. Por eso cabe hablar de una *epistemología artificializada*, y no de una epistemología naturalizada. Por lo que se refiere a los individuos (y ellos son la base de las

¹ Véase el apartado III. 1.

concepciones evolucionistas), la enseñanza es un proceso de adaptación a un entorno social, y no a un medio natural.

V.2. LA CONSTRUCCIÓN DE LOS HECHOS CIENTÍFICOS

En una célebre polémica con Le Roy, Poincaré distinguió entre los *hechos brutos* y los *hechos científicos*. Proponía para ello el siguiente ejemplo:

"Observo la desviación de un galvanómetro con ayuda de un espejo móvil que proyecta una imagen luminosa sobre una escala graduada... El hecho bruto es: *"veo la 'imagen luminosa' correrse sobre la escala"*; el hecho científico es: *'pasa una corriente sobre el circuito' "*¹⁸.

No es lo mismo un hecho que un hecho científico. Como señalaron Popper, Hanson y otros muchos, la observación de los científicos está impregnada o cargada de teoría. Allá donde una persona normal y corriente, e incluso un etnometodólogo, sólo ve el movimiento de una imagen luminosa, los científicos ven el paso de una corriente eléctrica, precisamente porque han construido una serie de artefactos (el galvanómetro, el espejo, la escala graduada) con la finalidad de observar ópticamente y luego medir el paso de una corriente, y todo ello en base a una teoría previa que hay que conocer para poder observar científicamente el fenómeno.

Pues bien, otro tanto cabe decir de los objetos, en la medida en que éstos sean objetos de la ciencia. Cabe decir que hay objetos brutos y objetos científicos. La experiencia científica es distinta de la experiencia común porque depende de un saber previo. Ese saber previo nunca es simple. En el ejemplo antes mencionado, presupone varias teorías: como mínimo una teoría sobre la electricidad, otra sobre la óptica y una tercera sobre la medida. Mas también implica una serie de conocimientos prácticos: cómo manejar esos artefactos, cómo medir, cómo plasmar las medidas en resultados numéricos, cómo operar con esas cifras, etc. Cuando nuestros sentidos actúan en el espacio científico, ni las sensaciones, ni los hechos ni mucho menos los objetos están indeterminados. Por el contrario: diversos modos de determinación científica dan forma a esos objetos, y por consiguiente a nuestra intelección de los mismos. Los objetos han sido previamente transformados para ser presentados en un contexto científico. Por consiguiente, no sólo se transforma nuestro conocimiento de los objetos;

¹⁸ H. Poincaré, *Filosofía de la Ciencia*, México, UN AM, p. 48 (cap. X de *La valeur de la science*, París, Flammarion, 1905).

en la medida en que la observación y la experimentación son acciones e intervenciones sobre la realidad, los propios objetos brutos (o naturales) son modificados para convertirlos en objetos científicos (artificiales).

Hay autores que han afirmado que los hechos científicos no sólo están mediatizados socialmente, sino que son literalmente construidos por los científicos. Nosotros no vamos tan lejos, pues nos limitamos a afirmar que han sido transformados por los científicos. Sin embargo, conviene detenerse en estas tesis construccionistas, porque no sólo son importantes para la sociología de la ciencia, sino también para la filosofía de la ciencia.

El gran predecesor de estas tesis construccionistas fue Fleck, quien, tras preguntarse:

"¿Qué es un hecho? Se considera hecho lo fijo, permanente y lo independiente de la opinión subjetiva del investigador, lo contrapuesto a la transitoriedad de las teorías. Es la meta de todas las ciencias. La crítica de los métodos para establecerlos constituye el objeto de la teoría del conocimiento" (Fleck, 1986, p. 43),

llevó a cabo una aguda crítica de esta concepción naturalista y estática de los hechos científicos.

Estas concepciones sobre los hechos habían sido muy habituales entre diversos teóricos del método experimental. Claude Bernard, por ejemplo, había afirmado ya en 1865 que las teorías eran puras hipótesis, que tarde o temprano serían refutadas o abandonadas. La base sólida de la experimentación científica eran los hechos:

"lo que no perecerá jamás son los hechos bien observados que las teorías efímeras han hecho surgir; éstos son los únicos materiales sobre los cuales algún día se elevará el edificio de la ciencia, cuando posea un número de hechos suficientes y haya penetrado lo bastante en el análisis de los fenómenos como para conocer su ley o su determinación exacta" (Bernard, 1966, p. 231).

La creencia en que la base empírica es común a todos los seres humanos y en que los hechos son el fundamento del conocimiento científico tiene una larga tradición, y no sólo entre los empiristas lógicos, sino también entre muchos científicos. Las teorías son construcciones humanas, mientras que los hechos son reales: descubrir un nuevo hecho es la aportación más sólida que se puede hacer al progreso de la ciencia. En el caso en que haya una contraposición entre hechos y teorías, la elección racional no tiene duda. Bernard enunció el siguiente precepto general del método experimental:

"cuando el hecho que uno encuentra está en oposición a una teoría reinante, hay que aceptar el hecho y abandonar la teoría, incluso en el caso en que ésta, sostenida por grandes nombres, esté aceptada por la generalidad de los científicos" (Ibid., p. 230).

Partiendo de esta epistemología empirista, que estuvo ampliamente difundida a finales del XIX y principios del XX, no es extraño que la obra de Fleck, publicada en 1935, en pleno auge del empirismo lógico, pasara relativamente inadvertida hasta que Kuhn y los sociólogos de la ciencia la resucitaron. Según Fleck, en efecto, no hay hechos científicos independientemente de la construcción social de los mismos:

"el conocer no es un proceso individual de una teórica *"conciencia en general"* (*Bewusstsein überhaupt*). Más bien es el resultado de una actividad social, ya que el estado del conocimiento en cada momento excede la capacidad de cualquier individuo" ... "Los tres factores que participan en el conocer —el individuo, el colectivo y la realidad objetiva— no son algo así como entidades metafísicas" (*o.c.*, pp. 86-7).

El conocimiento empírico siempre está mediatizado por la sociedad y por la comunidad de científicos, y en primer lugar por la educación:

"Sólo después de mucha experiencia, quizá tras entrenamiento preliminar, se adquiere la capacidad para percibir inmediatamente un sentido, una forma (*Gestalt*), una unidad cerrada. Al mismo tiempo, desde luego, se pierde la capacidad de ver cualquier cosa que contradiga dicha forma" (*Ibid.*, p. 138)¹¹.

Para ver un hecho científico, previamente hay que *saberlo ver*. La observación no es una operación intelectual pasiva. Requiere un aprendizaje y un entrenamiento previo. Puesto que dicho aprendizaje siempre se desarrolla en un marco social, el modo de ver la realidad de cada comunidad científica mediatiza los hechos. Y no hay que olvidar que, así como la enseñanza de las teorías puede ser crítica (hasta un cierto punto), cuando alguien enseña a otro a observar se procede dogmáticamente. El aprendizaje de científico tiene que ver lo que hay que ver, y no otra cosa. Sólo cuando haya adquirido una elevada competencia en la observación y en la experimentación científica podrá comenzar a liberarse de la visión del mundo que se le inculcó en el contexto de educación:

"Para cada profesión, para cada actividad artística, para cada comunidad religiosa, para cada campo de saber, hay un tiempo de aprendizaje, durante el cual tiene lugar una sugestión de ideas puramente autoritaria" (*Ibid.*, p. 150).

Estas tesis de Fleck han sido retomadas con mayor acuidad por Kuhn y por muchos sociólogos de la ciencia. La primera cuestión que les preocupaba a Latour y a Woolgar en su libro *Laboratory Life* era la siguiente:

"¿Cómo se construyen los hechos en un laboratorio y cómo puede un sociólogo dar cuenta de esa construcción?" (Latour y Woolgar, 1986, p. 40).

Como ya vimos en el primer capítulo, Latour y Woolgar procedieron como antropólogos que observaban las actividades de los científicos en el

laboratorio como si de una tribu se tratara. El principal resultado de su estudio, por lo que aquí nos interesa, consistió en afirmar que la construcción de los hechos en los laboratorios tiene lugar por medio de microprocesos de negociación que, una vez concluidos, y tras haber llegado a un consenso, pasan a ser automáticamente olvidados, de manera que los experimentadores afirman y recuerdan que fue gracias a procesos de pensamiento como llegaron a esos hechos (*Ibid.*, cap. 4). Latour y Woolgar se muestran muy críticos con respecto al hábito de los científicos de presentar como procesos cognitivos individuales lo que había sido debate, discusión social e interacción personal en el laboratorio. Insistían además en que, además de esos procesos consensuales, los elementos materiales presentes en el laboratorio tenían una gran importancia en la construcción de los hechos científicos (*Ibid.*, p. 238).

Este último punto debe ser tenido en cuenta, sobre todo teniendo presentes las afirmaciones de Hacking sobre la observación científica, que para él se basa en haceres y en intervenciones¹⁶⁰. Pero antes de volver sobre esta interrelación entre la práctica y el conocimiento científico en el contexto de investigación, conviene que no olvidemos la mediación previa que se deriva del contexto de educación, como Fleck señalaba. Aquí, en efecto, no es el consenso lo que prima, sino la instrucción asertiva y las órdenes estrictas. Las tesis de Latour, de Woolgar y de los constructivistas sobre la construcción de los hechos en los laboratorios no nos deben hacer olvidar que hay una construcción social previa de los hechos científicos, la educativa, que para nuestro objeto va a tener mayor interés.

V.3. LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA EN EL CONTEXTO DE EDUCACIÓN

Desde el momento en que la ciencia se concibe como actividad, y no sólo como conocimiento, es preciso caracterizar las acciones científicas. Si distinguimos los contextos de educación, innovación, evaluación y aplicación, conviene tener presente que la práctica científica abarca muy distintas actividades.

Algunas acciones típicas del contexto de educación son las siguientes:

- enseñar (o aprender) a ver fenómenos interesantes desde el punto de vista de la ciencia.
- enseñar (o aprender) a manejar artefactos en los laboratorios docentes: instrumentos de medida y de observación, aparatos experimentales, etc.

¹¹* Como es sabido, estas tesis de Fleck influyeron sobre Kuhn y sobre su tesis de la incommensurabilidad (perceptiva) entre paradigmas.

¹⁶⁰ Véase el apartado 1.4.

- enseñar (o aprender) a operar con una determinada notación (matemática, física, química, etc.) o con un determinado aparato (de medición, de observación, de tratamiento de datos, de simulación, etc.),

- enseñar (o aprender) una determinada teoría. Esto último sólo sucede en los niveles educativos superiores, que es cuando se comienza a enseñar a distinguir las diversas teorías científicas.

- elaborar (y usar) materiales docentes específicamente diseñados para los estudiantes y los profesores (libros de texto, ejercicios prácticos, materiales audiovisuales, etc.),

- diseñar (o cursar) planes de estudio y programas para cada materia,
- divulgar (o informarse de) el conocimiento científico al gran público,
- organizar y gestionar instituciones docentes,

- formar y reciclar al profesorado de Escuelas de Magisterio, Institutos, Universidades, etc.,

- encargar a una persona o a una comunidad científica que asuma la responsabilidad de la tarea docente,

- introducir nuevos métodos y contenidos para la enseñanza y la difusión de la ciencia,

- evaluar el resultado de todas estas acciones educativas (estudiantes, profesores, instituciones, materiales educativos, etc.).

Un curso universitario, un libro de texto, un ejercicio de laboratorio y un plan de estudios son *instrumentos educativos* y han sido diseñados en función de unos *valores* socialmente aceptados. La enseñanza de la ciencia combina y dosifica los diversos instrumentos en los que se encarnan dichos valores. Lo esencial es que, una vez determinados esos instrumentos y el orden en el que usarlos, los programas docentes han de ser seguidos estrictamente, e incluso al pie de la letra. A diferencia de lo que sucede cuando se enseñan otros saberes, no cabe plantear dudas ni críticas con respecto a esos contenidos: hay que aprender a manejar los instrumentos como es debido y hay que interiorizar los conocimientos tal y como vienen socialmente dados. Contrariamente a lo que la tradición empirista ha solido pensar, en el contexto de educación científica prima absolutamente el *deber ser*. Como ya se ha dicho anteriormente, en este contexto la ciencia se manifiesta como una acción *normalizadora* de las personas, que tiende a transformar sus conocimientos y sus destrezas en una dirección previamente establecida.

Si consideramos el escenario canónico del contexto de educación (el aula) advertiremos que la actividad que allí tiene lugar está determinada por un objetivo fundamental: el personal docente debe de transformar al personal discente mediante una serie de instrumentos y métodos educati-

vos, con el fin de que, al final del período lectivo, los estudiantes hayan adquirido unos conocimientos y unas habilidades prácticas que luego puedan usar y recordar. El proceso de educación científica es:

- *normalizador*: se trata de que todos los alumnos y alumnas lleguen a un nivel parecido de conocimientos teóricos y prácticos comunes. Se puede decir también que es igualitario, aunque sólo sea a título de ideal regulativo.

- *regulado*: para ello se ordenan los contenidos a enseñar y los materiales que deben ser utilizados y también se controla la actividad del profesorado, otorgando o quitando la *venia docendi*.

- *progresivo*: para acceder a un determinado curso o nivel es preciso haber superado unas pruebas correspondientes a los niveles precedentes.

- *público*: toda esa actividad docente y discente se lleva a cabo en instituciones públicas, que pueden ser gestionadas por la iniciativa privada o por las escuelas, institutos y universidades públicas.

- *universal*: se tiende a que todo ser humano puede acceder a una cultura científica básica, elemental o superior.

- *obligatorio*: se tiende a que ningún ser humano pueda ser excluido ni discriminado del acceso a la cultura científica, al menos hasta ciertas edades, que varían en función de los diversos países.

- *dogmático*: el estudiante de ciencias y de ingeniería no discute en el aula lo que se le enseña. Ha de limitarse a aprenderlo lo mejor posible. Si en algún sitio cabe hablar de lo dado, o si se quiere de un mundo y de una realidad dada, es en el contexto educativo. Ocurre, eso sí, que lo dado está socialmente dado.

- *controlado*: en cada nivel docente se valoran los conocimientos adquiridos en función de criterios de evaluación previamente establecidos, que se intenta sean objetivos, y no subjetivos.

Como puede verse, se trata de una acción ejercida por agentes sociales (los profesores, las instituciones) sobre seres humanos en proceso de formación, con el fin de transformar sus mentes, su percepción del mundo y sus habilidades prácticas. La ciencia es una cultura. El sistema educativo engloba una multiplicidad de acciones regidas por criterios y objetivos concretos, que a su vez están determinados por valores sociales generales. Las diversas comunidades científicas, representadas por los profesores, los directores de Centros, los autores de libros y materiales docentes y los diseñadores de planes de estudio, poseen su propio margen de acción, pero están mediatizados por criterios, objetivos y valores sociales más amplios que los que pueden mantener como individuos o como grupos. En el contexto de educación existe un espacio para la iniciativa y la creatividad individual, pero a la postre priman los referentes sociales a los que acabamos de aludir.

Otro tanto cabe decir, aunque con matizaciones, de la divulgación y de la difusión de la ciencia a un público más amplio, fuera ya de las aulas.

Dos de los instrumentos más característicos de la actividad científica en el contexto de educación son los libros de texto y las prácticas. Merece la pena detenernos brevemente en su análisis.

Para Kuhn,

"quizá el rasgo más sorprendente de la educación científica es que, en un grado desconocido en otros campos creadores, se lleva a cabo mediante libros de texto, escritos especialmente para los estudiantes"¹⁶¹.

Kuhn reconoce que otras muchas actividades educativas recurren también a los libros de texto, pero señala diferencias importantes entre los textos científicos y otro tipo de libros escolares o universitarios:

"en las ciencias, los diferentes libros de texto exponen diferentes materias, y no ejemplifican, como en las humanidades y muchas ciencias sociales, diferentes enfoques en un mismo ámbito de problemas" ...

"esos libros exponen, desde el comienzo mismo, problemas—soluciones que la profesión ha aceptado como paradigmas, y piden al estudiante que resuelva, con lápiz y papel o en el laboratorio, problemas actualmente modelados, en cuanto al método y la sustancia, según aquellos que el texto proporciona" (*Ibid.*, p. 83).

La enseñanza de la ciencia, según Kuhn, es dogmática y monoparadigmática. No se enseña la ciencia partiendo de las obras de los autores clásicos o de extractos de las mismas (como puede suceder en el caso de la literatura, del arte o incluso de la filosofía), sino que se reconstruyen las teorías científicas hasta agruparlas en una presentación sistemática y coherente, frente a la cual no se indica ninguna alternativa. La ciencia es enseñada como un conocimiento verdadero, que hay que admitir y aprender obligatoriamente tal y como viene presentado en los libros de texto.

Estas observaciones de Kuhn tienen gran interés, porque muestran que el contexto de educación científica no se caracteriza en absoluto por el fomento de la crítica como valor, sino por la obligatoriedad de los contenidos. Cada estudiante ha de interiorizar el contenido de los libros de texto; caso de no hacerlo adecuadamente, se verá obligado a repetir el curso hasta que lo logre, o en último término a abandonar sus estudios científicos y orientarse hacia otras profesiones. Todo científico ha tenido que superar este tipo de proceso educativo, notablemente duro, riguroso y estricto. Los libros de texto ejemplifican bien este tipo de valores, particularmente relevantes en el contexto de educación.

¹⁶¹ T.S. Kuhn, "The function of dogma in scientific research", en A.C. Crombie (ed.), *Scientific Change*, Heinemann, 1963, pp. 347-69, traducido como "Los paradigmas científicos" en B. Barnes y otros, *Estudios sobre sociología de la ciencia*, Madrid, Alianza, 1980, pp. 79—102.

Vayamos al caso de las clases prácticas, en donde nos encontraremos con algo similar. En ellas no sólo se busca un conocimiento de la naturaleza, o del sistema empírico estudiado, sino sobre todo el aprendizaje de una serie de procedimientos y la adquisición de un conjunto de habilidades prácticas, sin las cuales no puede considerarse a un científico como un experimentador competente. Al estudiante no se le confronta con la naturaleza o con el mundo para ver qué es lo que ve allí, y cómo razona al respecto, sino que se le construye esa realidad o ese mundo obligándole a adaptarse a él. Estos procesos de adaptación obligatoria (éxito o fracaso) caracterizan la actividad docente en el caso de la ciencia. Conviene volver a insistir que, tratándose de procesos evolutivos, nada tienen que ver con la adaptación a la naturaleza, a no ser que se piense en una naturaleza artificializada en su casi totalidad, como es la que conocemos en la actualidad. Baste pensar en los programas televisivos de divulgación ecológica como la forma actualmente vigente de mirar la naturaleza.

Volviendo a las clases prácticas y al modo en que se plantean, vamos a ver que las instrucciones y las reglas para actuar son su aspecto más característico y definitorio. Rosa María Rodríguez Ladreda ha mostrado hasta qué punto ello es así, analizando con detalle algunos casos extraídos de la Física ¹⁶².

Un primer ejemplo estudiado por esta autora es el experimento consistente en la separación del alcohol por destilación, que ella describe así:

"Objetivo: Separar el alcohol de los colorantes y demás sustancias existentes en el vino comercial.

Método: Por medio de una destilación, consistente en una vaporización seguida de una condensación. Al calentar, las sustancias más volátiles (el alcohol) hierven, quedando las otras en estado sólido o líquido; el vapor en contacto con las paredes frías del refrigerante se condensa y lo recogemos al gotear en uno de sus extremos.

La destilación del alcohol ocurrirá sólo si mantenemos constante la temperatura a 60°. La ebullición del alcohol ocurrirá a más baja temperatura que la del agua. En caso de que la temperatura subiera se destilarían mezclados el alcohol y el agua" (*Ibid.*, p. 162).

Este ejemplo requiere muy poco conocimiento científico previo, y por lo tanto muestra hasta qué punto la ciencia en el contexto de educación consiste en acciones concretas, formuladas conforme a reglas, procedimientos e instrumentos precisos. La acción científica educativa está plenamente normativizada y puede llevarse a cabo sin que uno conozca todavía las teorías que subyacen a su práctica.

¹⁶² Véase su obra *Teoría y Práctica en la Ciencia*, Granada, Universidad de Granada, 1993, caps. 4 y 5, que resumimos a continuación.

En todo caso, sería vano analizar este experimento partiendo de una epistemología empirista o naturalista:

"la verdad (hubiera sido mejor decir validez) de los conocimientos aplicados no se obtiene por confrontación con el resultado observable, es previa. Lo que prueba o refuta la destilación del alcohol es la relación causal entre esa teoría y ese resultado: es decir, lo que prueba la observación del alcohol es la *producción de alcohol*" (*Ibid.*, p. 163).

Ello equivale a decir que en el contexto de educación la evaluación de una práctica consiste, en primer lugar, en que las acciones prescritas hayan sido realizadas correctamente, y en segundo lugar en que los resultados obtenidos mediante esas acciones, que siempre están implementadas por instrumentos que hay que saber manejar, sean los previstos por la teoría para esas acciones concretas (en condiciones iniciales dadas, claro está).

Por consiguiente, hay reglas que prescriben acciones concretas y el modo de hacerlas. Dichas reglas han de ser respetadas rigurosamente, pero no porque sean verdaderas ni porque tengan mayor o menor contenido empírico, sino porque permiten obtener el resultado que se pretendía (y predecía), y por consiguiente lograr el objetivo del experimento conforme a unos valores eminentemente prácticos.

Este aspecto prescriptivo de la actividad científica en el contexto de educación se muestra perfectamente en las reglas de utilización de cualquier aparato en un laboratorio docente. Cabe hablar de que un usuario satisface (o mejor, cumple) en mayor o menor grado las reglas científicas prescritas para actuar. No se trata solamente de una cuestión semántica (obtener los resultados adecuados); para realizar una práctica hay que adecuar previamente la conducta propia a las reglas prescritas por la institución educativa y por los agentes que la representan. La situación podría quedar resumida de la manera siguiente:

x cumple la regla r (siendo r del tipo, "que x haga 51"), si y sólo si " x hace 51" es verdadera (con un grado de aproximación previamente fijado), es decir, si y sólo si x hace 31.

Este tipo de concepción pragmática del cumplimiento de reglas comporta toda una teoría de la acción científica. Para comprobar, a continuación, si x ha hecho 31 *bien*, que es de lo que se trata, hay que introducir un conjunto finito de reglas de comprobación de los resultados de la acción de x , lo cual dependerá del contenido concreto de la acción y .

Supongamos que la acción era: "multiplique Vd. 2 por 5". Si los resultados de la acción de x ofrecen al evaluador z el ensamblaje de signos 10, entonces la acción está bien hecha (con respecto a una teoría aritmética y a un sistema de numeración concreto). De lo contrario la acción es errónea y se dice que no es una aplicación correcta (o válida) de la teoría apli-

cada en la acción y . Por supuesto, el evaluador z no tiene por qué ser exclusivamente un ser humano: puede tratarse de una tabla de multiplicar, de una calculadora de bolsillo, de un ordenador o de un maestro. Exactamente igual, x puede ser una máquina, de la que se dice entonces que ha funcionado bien, o que estaba bien construida. Estos ejemplos tan sencillos en poco difieren de otras prácticas científicas más complejas.

No se trata, obsérvese, de conocimiento nuevo, aunque puede serlo para quien lo adquiere. Lo esencial es transmitir conocimientos previos de la forma óptima para que puedan ser aprendidos, recordados, repetidos y, en general, practicados ulteriormente. Ello exige la utilización de instrumentos diferentes, que son las representaciones pedagógicas de las teorías científicas. De nuevo se trata de un proceso y de una acción cuyos resultados han de ser evaluados en función de los criterios vigentes en dicho contexto.

Todas estas competencias prácticas, o habilidades, son condiciones necesarias para el desarrollo de la actividad científica, incluido el contexto de innovación. Ocurre que, como sucede con la pronunciación y la ortografía, muchas de estas acciones suelen estar automatizadas, por lo cual no se es consciente de que son condiciones necesarias. Pero esta componente práctica de la actividad científica, que parte de representaciones lingüísticas normativas (oraciones en modo imperativo), constituye una componente esencial de toda acción científica. Como puede verse, en ella el verbo *ser* no se conjuga: el verbo esencial es *hacer*, con sus diversas especificaciones ulteriores.

Una última observación, antes de dejar el contexto de educación. De ninguna manera cabe decir que las acciones que lleva a cabo un estudiante en un aula o en un laboratorio docente sean intencionales, ni mucho menos que estén basadas en creencias. Lo que se exige en el contexto de educación es que se llegue a saber lo que hay que saber, independientemente de que uno se lo haya aprendido de memoria o no crea ni una palabra de lo que se le está enseñando. Si un estudiante actúa como es debido no es porque parta de una hipótesis o tenga intención de obtener un cierto resultado. De hablar de intencionalidades, habría que hablar de la pretensión de aprobar, de pasar el examen, de no ser rechazado por la comunidad científica ni por la sociedad: de adaptarse favorablemente al medio social. Dicho de otra manera: los científicos se forman como científicos partiendo de una actitud epistémica caracterizada por el pragmatismo o el escepticismo (o en el mejor de los casos, por un deseo abstracto de saber), no por la creencia. Sólo a partir de una cierta fase de su proceso educativo comenzarán a interesarse "de verdad" por unas u otras materias. Pero para enton-

ees ya están acostumbrados a actuar correctamente, como es debido, crean o no crean en lo que hacen, e incluso en muchos casos sin saber por qué lo hacen. Al menos en el contexto de educación, ni el conocimiento científico ni la práctica científica pueden ser consideradas como creencias verdaderas y justificadas. Sólo una minoría de los miembros de una comunidad científica llegan a preguntarse, cuando trabajan ya como investigadores científicos, sobre la validez de lo que han aprendido y sobre la racionalidad de lo que se han acostumbrado a hacer. La actitud crítica apenas si es fomentada en la educación científica. La mayoría de los profesionales de la ciencia pasan a ejercer como expertos sin llegar a cuestionarse mínimamente los saberes teóricos y prácticos que les fueron inculcados durante su etapa de formación. Lo importante, volvemos a insistir, es que hayan aprendido a hacer bien lo que hay que hacer, y que luego lo hagan conforme lo aprendieron.

V.4. PRAXIS CIENTÍFICA Y RACIONALIDAD

La praxis científica siempre está mediatizada por la razón. Pero la racionalidad a la que aquí nos estamos refiriendo es una *racionalidad social*, y no una facultad individual sujeta a reglas fijas e intemporales. La racionalidad puede irse modificando a lo largo de la historia: y de hecho así ha sucedido. La racionalidad científica no es intemporal. Las formas y los criterios de racionalidad cambian.

La racionalidad de la ciencia no es simple, sobre todo si se piensa en la ciencia como una acción colectiva, y no simplemente como la búsqueda individual de conocimiento. Las diversas formas y criterios de racionalidad son distintas en función de los diversos contextos en donde se ejerza esa acción, y asimismo pueden diferir considerablemente entre unas ciencias y otras. Podría parecer que este tipo de afirmaciones conducen inevitablemente a posturas relativistas como las que se han resumido en el apartado 1.3. Trataremos de mostrar a continuación que ello no es así y que el pluralismo epistémico, metodológico, axiológico y teleológico de la ciencia no impide la evaluación global de unas formas de cultura científica frente a otras. Uno de los papeles a desempeñar por los filósofos de la ciencia, dentro del ámbito global de los estudios sobre la ciencia, consiste precisamente en comparar los diversos sistemas axiológicos subyacentes a unas y otras formas de cultura científica y mostrar que, evaluadas en base a otros sistemas de valores, propiamente filosóficos, y no sólo científicos, unas modalidades de cultura científica son preferibles a otras.

Si volvemos por un momento a los planteamientos de los sociólogos de la ciencia podremos argumentar con mayor claridad lo que acaba de afirmarse.

Valorando en su globalidad las tendencias predominantes en la sociología de la ciencia a partir de los años 80, Andrew Pickering afirmaba lo siguiente:

"La clave del avance realizado por los estudios sobre la ciencia en la década de los 80 es haber pasado a estudiar la práctica científica, lo que de hecho hacen los científicos, y el correspondiente paso hacia el estudio de la cultura científica, entendiendo por tal el conjunto de recursos que la práctica pone en funcionamiento" (Pickering, 1992, p. 12).

Para Pickering, la cultura científica es ese conjunto de recursos utilizados por los científicos al actuar, mientras que la práctica se refiere a las actuaciones concretas de unos agentes determinados:

"El término 'práctica' tiene una vertiente temporal de la que carece el término 'cultura'; ambos no deberían de ser considerados como sinónimos entre sí" (*Ibid.*, pp.2-3).

No entraremos aquí en el debate sobre esta diferenciación entre cultura y práctica científica. Nos interesa más subrayar el aspecto eminentemente práctico de la cultura científica, tal y como los sociólogos del conocimiento científico la conciben. En esa misma obra, David Gooding acepta plenamente la propuesta fundamental de Hacking al afirmar que:

"Existe una distinción convencional entre la observación (en tanto registro de lo que se presenta) y el experimento (en tanto intervención en el curso de la naturaleza). Se piensa que la observación es descriptiva y pasiva (incluye mirada, no acción). El experimento es activo (incluye acción, y luego mirada)" ... "La distinción convencional es engañosa porque la observación incluye el mismo tipo de actuación que el experimento, esto es, la invención y la manipulación de entidades mentales y materiales" (Gooding, 1992, p. 91).

Una de las insuficiencias principales de la filosofía de la ciencia a lo largo del siglo XX habría sido, según Pickering, no haberse ocupado apenas de la práctica científica. Ya vimos en el capítulo III que los orígenes de esta insuficiencia se remontan hasta el origen de la tradición empirista, y siguen vigentes en la filosofía kantiana de la ciencia. Puesto que la concepción heredada estuvo profundamente influida por una epistemología empirista, no es raro que así haya sido. Sin embargo, también otras corrientes filosóficas más recientes se han caracterizado por su escaso interés por la práctica científica:

"los filósofos académicos han mostrado tradicionalmente muy poco interés directo por la práctica científica. Su objeto primario de estudio siempre han sido los productos de la ciencia, y especialmente su producto conceptual, el conocimiento. Así, por ejemplo, la mayoría de los filósofos anglo-americanos del siglo XX han dado vueltas en torno a cuestiones relativas a las teorías

as científicas, los hechos y las relaciones entre ambos. Esto no sólo es cierto respecto al empirismo lógico y sus variantes contemporáneas, sino también respecto a muchos de los filósofos que se han opuesto a esa corriente, como por ejemplo Feyerabend (1975 y 1978) y Hanson (1958). Hasta hace muy poco, sólo ha habido casos aislados de interés sostenido por la práctica dentro de la tradición filosófica: Fleck (1935), Polanyi (1958) y Kuhn (1962)" (Pickering, *o.c.*, p. 3).

Estas observaciones de Pickering son, en términos generales, muy atinadas. Asimismo es cierto que, aunque la actual sociología de la ciencia se haya autodenominado sociología del conocimiento científico, han prestado una atención mucho mayor a la práctica científica que los filósofos. No obstante, él piensa que los estudios sociológicos al respecto han sido demasiado abstractos y genéricos durante la década de los 70;

"La sociología del conocimiento científico simplemente no llega a ofrecernos el aparato conceptual que se precisa para ponerse al corriente de la riqueza del hacer científico, la dura tarea de construir instrumentos, planear, llevar a cabo e interpretar experimentos, elaborar teorías, negociar con los gestores de los laboratorios, con las revistas, con las instituciones financiadoras, y así sucesivamente. Describir la práctica científica como abierta e interesada *{alusión a Bloor}* equivale, en el mejor de los casos, a hacer un rasguño sobre la superficie" (*Ibid.*, p. 5).

La crítica de Pickering es aguda y acertada, pero su propia enumeración de lo que es la actividad científica muestra bien que, para él como para los sociólogos del conocimiento científico, el principal escenario de acción de los científicos es el contexto de investigación (o descubrimiento), y en concreto los laboratorios. Esto supone una profunda insuficiencia, al no tener en cuenta que la actividad científica en los contextos de educación y de aplicación depende de valores muy distintos a los del contexto de innovación, lo cual da lugar, a su vez, a prácticas científicas muy distintas.

Podríamos resumir esta observación crítica que estamos haciendo a la sociología del conocimiento científico de la manera siguiente: a pesar de ocuparse más que los filósofos de la ciencia de la praxis científica, han restringido de tal manera el concepto de actividad científica que ello les ha llevado a extrapolar consecuencias y problemas que no surgen en absoluto si nos atenemos a la caracterización de la ciencia por los cuatro contextos mencionados en el capítulo II de la presente obra.

Veámoslo en el caso de una de las posturas filosóficas más comunes entre los sociólogos de la ciencia: el relativismo epistemológico. Se puede aceptar perfectamente que la ciencia es una cultura y una actividad socialmente dependiente sin tener que inferir de ello conclusiones relativistas. El relativismo cultural y social de la actividad científica queda radical-

mente cuestionado si se tienen en cuenta los contextos de educación y de aplicación.

Aparentemente, podría parecer lo contrario. Veamos que no es así.

Podría pensarse que, precisamente porque cada sociedad (o cada Estado) regula su propio sistema educativo y, en buena medida, constituye el ámbito de aplicación por antonomasia del saber científico, la determinación cultural y social puede ser mayor en el caso de estos dos contextos que en el contexto de innovación. Sin embargo, a medio o largo plazo sucede lo contrario. A pesar de que ha habido sociedades que, por centrarnos en el contexto de educación, han modelado sus programas y han diseñado sus sistemas educativos en función de valores monolíticos e idiosincráticos, sea por motivos religiosos o políticos, lo cierto es que a la larga dichos sistemas educativos no han sido capaces de contrastarse con otros sistemas basados en valores más abiertos y plurales.

Un país o una cultura puede intentar prescindir del pluralismo epistémico, metodológico y axiológico de la ciencia, y por consiguiente limitar los contenidos científicos enseñables, por ejemplo por ser contrarios a valores firmemente asentados en dicha cultura. Sin embargo, la práctica científica de los restantes países y culturas acaba por mostrarles su error en la práctica: por cierto, con enormes costes, tales como un duradero retraso económico o social, guerras tribales o religiosas, etc. La auténtica normalización intercultural e internacional se lleva a cabo en el contexto de enseñanza, precisamente porque para que un conocimiento o una práctica científica llegue a ser objeto de enseñanza obligatoria ha tenido que pasar no sólo por evaluaciones culturales o nacionales, sino también por evaluaciones transnacionales y transculturales.

Otro tanto cabe decir del contexto de aplicación, por ejemplo cuando teorías y artefactos tecnocientíficos se contrastan y son rivales en una guerra, o cuando unos sistemas de producción tradicionales compiten internacionalmente con otros influidos por las innovaciones tecnocientíficas. Allí se produce otro tipo de evaluación intersocial, particularmente dura y severa, por recordar los términos de Popper y de Lakatos.

El hecho de que los científicos construyan los hechos en sus laboratorios y se pongan de acuerdo, tras múltiples debates, sobre la elección del lenguaje que será usado o sobre las reglas que serán recomendadas para la práctica, permite afirmar, sin duda, un cierto relativismo, tanto en la construcción de las teorías como en la adopción de las reglas de actuación. Sin embargo, esas innovaciones consensuadas han de pasar por pruebas mucho más duras que las puras controversias entre expertos. Por una parte han de aplicarse a la resolución de problemas prácticos, y ello fuera del ámbito de

la comunidad científica, y por otra parte han de ser explicadas y enseñadas en contextos sociales muy distintos: de lo contrario no llegan a integrarse plenamente en el *corpus* científico.

Pues bien, los valores que imperan en estos otros contextos difieren de los que pueden subyacer a la práctica científica en el contexto de innovación, como vimos en el capítulo precedente. En la medida en que la ciencia está caracterizada axiológicamente, los valores que rigen los restantes contextos permiten la superación del relativismo epistémico al que tanto aluden los sociólogos del conocimiento científico, siguiendo en parte a Kuhn.

Precisamente porque hay que fijarse más en la práctica científica, el relativismo epistemológico se tambalea. La práctica científica no sólo tiene lugar en los laboratorios, en las revistas científicas o en las instituciones públicas o privadas que financian la investigación científica. Una primera prueba de fuego para las innovaciones científicas es el contexto de aplicación. Puesto que se trata de transformar el mundo, y no sólo de conocerlo o interpretarlo, y puesto que toda forma de organización social de la realidad opone una notable resistencia a ser transformada, el contexto de aplicación funciona como una auténtica navaja de Ockam para muchos consensos "de laboratorio". Y por si ello no bastara, vienen luego los interminables combates entre instituciones y comunidades científicas enteras por insertar sus respectivas innovaciones en la enseñanza obligatoria o en los niveles superiores de educación. Allí se produce un segundo filtrado que difícilmente deja pasar a ninguna innovación científica, teórica o práctica, que no haya demostrado que es mejor que las propuestas alternativas, entendiendo el término mejor en función de los valores vigentes en ese contexto, y no en el contexto de innovación.

En resumen: no es difícil extraer conclusiones relativistas si uno restringe su interés por los *Science Studies* al contexto de descubrimiento. En los laboratorios, ciertamente, se construye, se produce y se fabrica la ciencia. Lo grave es que luego esos productos fabricados han de ser aplicados a la transformación y a la mejora del mundo (natural, social, histórico) en dura competencia con otras propuestas innovadoras que, en su origen, pueden mostrar aspectos que justifiquen hablar también de relativismo, pero que pudieran haber sido construidas, producidas y fabricadas *mejor*.

La contrastación entre las innovaciones científicas tiene lugar, en primera instancia, dentro del ámbito de la comunidad de investigadores. Pero los científicos no se reducen a los investigadores. Hay además profesionales, usuarios de las innovaciones tecnocientíficas, profesores y estudiantes. En último término, está la sociedad en general, sin que dicho término conlleve connotaciones nacionales, sino internacionales. El cosmopolitismo es

uno de los valores que rige la actividad científica y sirve de adecuado contrapeso a las tendencias culturalmente y aislacionistas restrictivas.

Precisamente porque la ciencia es una actividad social que trasciende las culturas y las naciones, las evaluaciones sociales de las innovaciones científicas son mucho más severas, tarde o temprano, que las evaluaciones que las propias comunidades científicas suelen hacer. La clave del debate sobre el relativismo epistemológico no hay que buscarla en la actitud ni en la práctica de los investigadores. La práctica científica es más amplia y variada que la práctica basada en la investigación experimental.

VI. I. INTRODUCCIÓN

Uno de los temas centrales de la reflexión filosófica sobre la ciencia en el siglo XX es el concepto de *ley científica*. El modelo nomológico-deductivo propuesto por Popper y Hempel, que tiene claros antecedentes en Hume, Mili y otros muchos autores, supuso una importante propuesta que relacionaba las leyes científicas con la *explicación científica*. Tras las críticas de Hume al concepto de causalidad, y por consiguiente a la concepción aristotélica de ciencia, basada en la *explicación causal*, la afirmación de que la ciencia es explicativa, y no sólo descriptiva, porque es capaz de formular leyes científicas generales que permiten, entre otras cosas, predecir los fenómenos, ha supuesto una de las grandes aportaciones de la filosofía de la ciencia en el siglo XX. Por supuesto, ha habido concepciones diferentes sobre las leyes científicas, y en este capítulo nos ocuparemos de ellas. Los autores que se han ocupado de esta cuestión han propuesto diversas caracterizaciones y definiciones del concepto de ley; sin embargo, ninguna de ellas se ha revelado plenamente satisfactoria. En su obra de 1987, *An Architectonics for Science*, Balzer, Moulines y Sneed afirman que

"a pesar de las muchas discusiones sobre la cuasi—legalidad (*lawlikeness*) dentro de la filosofía tradicional de la ciencia, carecemos todavía de un conjunto adecuado de condiciones precisas, necesarias y suficientes, que sirvan

¹⁶¹ En este capítulo se retoma parte del contenido del artículo "El concepto de ley científica" publicado en el volumen *La ciencia: estructura y desarrollo*, editado por CU. Moulines en la *Enciclopedia Iberoamericana de Filosofía*, vol. 4, Madrid, Trotta-CSIC, 1993, pp. 57-88.

como criterio para considerar como "ley" a un enunciado" (Balzer y otros, 1987, p. 15).

Paralelamente, se han estudiado las relaciones entre leyes y teorías, así como la existencia de *leyes fundamentales*. La necesidad o la contingencia de las leyes científicas, su determinismo o indeterminismo, al igual que las diferencias que pueda haber entre las leyes de la Física y las leyes de la Biología o de las Ciencias Sociales, sin olvidar las leyes matemáticas, han sido temas ampliamente tratados y debatidos.

El presente capítulo trata de aportar una nueva perspectiva al análisis de estas cuestiones, subrayando que las leyes científicas, antes que nada, *han de ser leyes*, lo cual acota considerablemente el debate, por una parte, pero a la vez lo hace derivar hacia problemas que apenas han sido tenidos en cuenta por los filósofos de la ciencia. Resulta ilustrativo recordar que en el siglo XVII, con la emergencia de la ciencia moderna, tuvo lugar una controversia similar, pero no en torno a las leyes, sino a los principios de la ciencia y a sus excepciones (los milagros). La irrupción del concepto de *ley natural*, y su contraposición con las *leyes de la naturaleza*, ha de ser asimismo objeto de comentario, porque en ambas nociones se traslucen presupuestos que conviene explicitar y tener presentes en todo momento al hablar de *leyes científicas*. En base a todo ello, el último apartado presentará nuestra propia propuesta, basada en la inexorable componente semiótica de toda actividad científica¹⁶⁴, que será desarrollada y fundamentada en una *Ontología Social de la Ciencia*, a partir de la cual el concepto de ley científica podrá ser considerado desde una perspectiva bastante diferente de la usual.

Las leyes científicas han sido consideradas casi exclusivamente desde el punto de vista de la epistemología: lo importante eran los conceptos científicos que se usaban en su formulación, las operaciones de medida que permitían ratificarlas, su capacidad predictiva y explicativa, sus interrelaciones con otras leyes, la posibilidad de formularlas matemáticamente, etc. En una palabra: eran la expresión canónica del conocimiento científico en su forma más desarrollada. Este capítulo pretende proponer una perspectiva complementaria a la anterior. Las leyes científicas no sólo inciden en el conocimiento científico, sino que también influyen en la práctica científica. A la hora de observar, experimentar e investigar, los científicos no suelen actuar *en contra de las leyes*. La ciencia normal puede ser caracterizada, entre otras cosas, por la aceptación (que no la creencia) de determinadas

leyes. Podríamos decir que un cambio científico es revolucionario cuando implica la propuesta de nuevas leyes científicas. Ello tiene enormes consecuencias sobre la organización del saber científico, pero no sólo del conocimiento teórico, sino también de la actividad práctica.

Popper afirmó que "toda ley natural puede expresarse con la afirmación de que tal y tal cosa no puede ocurrir" (Popper, 1987, p. 75). A esta caracterización de las leyes científicas la denominó "forma tecnológica de una ley natural" (*Ibid.*). Para Popper, en efecto, "una de las tareas más características de toda tecnología es el *destacar lo que no puede ser llevado a cabo*" (*Ibid.*)¹⁶⁵. Conforme a su concepción falsacionista de la racionalidad científica, Popper afirmaba así que las leyes científicas y el saber técnico no sólo nos permiten conocer lo que podemos hacer, sino que sobre todo nos aclaran lo que no es posible hacer. Y, añadiríamos nosotros, de esta manera se nos prescribe *lo que no debemos intentar hacer*. El ser humano puede acariciar la fantasía de lanzarse desde la ventana de su casa y empezar a volar. Sin embargo, la ley de la gravitación universal indica a todos los seres humanos, sin relativismo cultural que valga, que no lo deben intentar. O mejor aún, que para intentarlo deben dotarse de un artefacto tecnológico, como el avión o el dirigible, que les permita contrarrestar con un impulso hacia arriba la fuerza de la gravedad que impulsa sus cuerpos hacia abajo cada vez que no pisan suelo firme. Por consiguiente, cada vez que se formula una ley científica no sólo se explican numerosos fenómenos (o leyes y propiedades previas) y no sólo se discierne aquello que se puede hacer o no: sobre todo se dispone de un criterio para saber cómo podría superarse esa imposibilidad física. Buena parte del progreso científico tiene que ver con esa continua superación de imposibilidades físicas, biológicas o culturales. Precisamente por ello la ciencia es una fuerza transformadora del mundo, y no sólo una forma de conocimiento de cómo es el mundo. Pues bien, las leyes científicas desempeñan un papel fundamental en esta determinación de lo posible y lo imposible, desde el punto de vista de la acción, así como sobre las vías posibles para superar lo que anteriormente era considerado imposible. Las leyes científicas son instrumentos teóricos y prácticos imprescindibles para que la ciencia tienda a transformar el mundo, y en particular para que tienda a mejorar el mundo, añadiendo nuevas posibilidades que antes eran tenidas por inviables. Dicho en términos leibnicianos: por mucho mal que traiga consigo el saber científico, aun así es un factor relevante en la construcción del mejor de los mundos posibles.

¹⁶⁴ Tesis previamente expuestas por el autor en Echeverría (1985) y (1987).

¹⁶⁵ El subrayado es de Popper.

Queda así aclarada la perspectiva, bastante inhabitual, desde la que abordaremos en este capítulo la cuestión de las leyes científicas. Coherentemente con el rumbo tomado en esta obra, que consiste en subrayar aquellos aspectos de la ciencia que inciden en la práctica, y no sólo en la teoría, nos ocuparemos de las leyes científicas en tanto leyes, antes que nada. Una ley regula las conductas humanas, o mejor, las acciones. Veremos que las leyes científicas, vistas desde esta perspectiva, inciden poderosamente en los cuatro contextos de la actividad científica. Además de explicar hechos y fenómenos, la formulación de las leyes científicas permite explicar numerosos comportamientos humanos, y ello tanto en un sentido positivo (lo que hacen los científicos y por qué) como en un sentido negativo (lo que no hacen los científicos y por qué). Limitándonos a dejar constancia de los numerosos estudios que ha habido sobre la función epistemológica de las leyes científicas, con el fin de enmarcar nuestra propia propuesta, este capítulo se centrará en el papel de las leyes científicas en una filosofía de la actividad científica, más que en una filosofía del conocimiento científico.

VI.2. EL MODELO NOMOLÓGICO-DEDUCTIVO DE EXPLICACIÓN CIENTÍFICA

La filosofía empirista de la ciencia ha considerado los *Principia Mathematica Philosophiae Naturalis* de Newton como el principal paradigma de la explicación científica: las leyes de Newton, y en particular la segunda, que ha sido considerada como una *ley fundamental*, no sólo explican científicamente hechos físicos, tales como el movimiento de los planetas o las mareas, sino que también dan razón de leyes previamente propuestas, como las de Kepler o Galileo. Por supuesto, las leyes de Newton son predictivas: ejemplos típicos de predicción científica son las apariciones del cometa Halley o la existencia de planetas no observados, cuya posición aproximada se logra inferir en base a las irregularidades que presenta la órbita de Urano con respecto a lo previsto por las leyes de Newton. Otro tanto sucede ahora con la teoría de la relatividad de Einstein y su incidencia en la Cosmología y en la Física Teórica.

La concepción deductivista de la ciencia, defendida con tanto vigor por Popper en su *Logik der Forschung*, siempre ha tenido muy presente que las leyes científicas no sólo explican hechos o fenómenos concretos, sino también proposiciones y enunciados generales, que al ser subsumidos como consecuencias de leyes fundamentales pasan a ser deducidos a partir de

éstas y se convierten con ello en *leyes derivadas o particulares*. Tal y como ha señalado Wilson (1985, p. 2), estas tesis deductivistas sobre la explicación científica habrían sido propugnadas por la tradición empirista, como bien muestra el siguiente pasaje de John Stuart Mili:

"Se dice que un hecho individual ha sido explicado cuando se ha proporcionado la causa del mismo, esto es, cuando se han formulado la ley o leyes que lo causan y de las cuales el hecho no es más que una instancia ...; se dice que una ley o regularidad de la naturaleza ha sido explicada cuando se han formulado otra ley o leyes, de las cuales la ley inicial no es más que un caso, que puede ser deducido de ellas"¹⁶⁶.

Popper, y sobre todo Hempel y Oppenheim¹⁶⁷ han precisado y sistematizado esta concepción de la explicación científica en términos que pueden ser resumidos de la manera siguiente:

Sea un hecho H, del tipo *a es G*. Para explicarlo, hemos de determinar unas *condiciones iniciales* C, del tipo *a es F*, y una *ley o teoría* T tales que C y T impliquen H. En el caso más sencillo, supuesto que la ley o teoría T establece que *todo F es G*, y supuesto que dicho enunciado general es verdadero, al igual que las condiciones iniciales C, el esquema lógico-formal del proceso de explicación científica es el siguiente:

T: (x) (Fx → Gx)

C: Fa

H: Ga

En el caso en que C haya sido observado antes que H, se dice que ha habido una predicción: el esquema nomológico-deductivo de Hempel se caracteriza por la tesis de la simetría entre explicación y predicción. Ambas responden a un mismo modelo formal y, en general, toda explicación científica es potencialmente una predicción razonada, es decir basada en leyes. Cuando la cuestión a explicar no es un hecho H, sino una proposición universal P, el esquema formal seguiría siendo el mismo. C y T (que pueden estar compuestos por varias condiciones iniciales y varias proposiciones que representan otras tantas leyes) constituyen el *explanans*, mientras que el hecho H, la proposición P o en general el evento E son el *explanandum*. Así estructurado, el proceso de explicación científica debe satisfacer una serie de condiciones de adecuación, tanto lógicas como empíricas, que Hempel resume de la manera siguiente:

1. El *explanandum* debe de ser una consecuencia lógica del *explanans*, lo cual significa que ha de ser deducible lógicamente de él.

¹⁶⁶J.S. Mili, *System of Logic*, 111, 12, 1.

¹⁶⁷Ver Popper (1934 y 1959) y Hempel-Oppenheim (1948), así como Hempel (1962).

2. El *explanans* debe incluir leyes generales, que han de ser efectivamente precisas para derivar el *explanandum*.

3. El *explanans* debe de poseer contenido empírico, lo cual significa que debe ser contrastable, al menos en principio, por experimento u observación.

4. Todas las proposiciones que contituyen el *explanans* deben ser verdaderas.

Estas cuatro condiciones caracterizan, según Hempel, una explicación científica verdadera, pero también una predicción, dado que la diferencia entre explicación y predicción es puramente pragmática. Consiguientemente:

"una explicación de un evento particular no resulta completamente adecuada a menos que su *explanans*, si hubiera sido tomado en cuenta en el momento adecuado, pudiera haber servido como base para predecir el evento en cuestión" (Hempel, 1965, pp. 247-9).

Las objeciones a esta concepción deductiva—nomológica de la explicación y de la predicción científicas han sido muchas y han estado basadas en distintos argumentos. Wilson distingue cuatro tipos de ataques:

A. Aquellos que critican la *tesis de la simetría* entre predicción y explicación, arguyendo ejemplos de explicaciones científicas que no implican predicciones, o de predicciones que no son explicaciones.

B. Ataques basados en proposiciones que satisfacen formalmente los requisitos del modelo deductivo—nomológico pero que no parecen ser auténticas explicaciones científicas, o, en una variante del mismo tipo de crítica, que podrían explicar otro tipo de eventos conforme al mismo esquema deductivo.

C. Autores que insisten en los aspectos pragmáticos de la explicación científica, que de ninguna manera se muestran en el esquema puramente sintáctico propuesto por Hempel. Aquí optaremos por este tipo de tratamiento.

D. Críticas basadas en explicaciones científicas, e incluso en explicaciones perfectamente causales, que no recurren a ningún tipo de ley para ser llevadas a cabo. Muchas de estas críticas han surgido del ámbito de las ciencias sociales (Historia, Antropología, Economía, etc.), así como de las explicaciones funcionales en Biología y otras ciencias.

En el siguiente apartado volveremos con mayor detalle sobre algunas de estas críticas. Por el momento, nos limitaremos a comentar el concepto de ley científica que se deriva de las propuestas de Hempel.

La definición de ley que usa es la siguiente:

"Por ley general entenderé aquí la afirmación de una forma condicional universal que sea capaz de ser confirmada o disconfirmada por medio de hallazgos empíricos adecuados" (*Ibid.*, p. 231).

Consiguientemente, las leyes científicas serían *hipótesis universales* suficientemente bien confirmadas por la evidencia empírica disponible. Sin

embargo, este segundo requisito podría relativizar los enunciados nómicos, haciéndolos dependientes de una evidencia concreta E, punto éste que Hempel no está dispuesto a aceptar:

"Así, por ejemplo, no podríamos decir que la fórmula general de Bode sobre la distancia entre los planetas y el sol era una ley, relativamente a la evidencia disponible en 1770, cuando Bode la propuso, ni que dejó de ser una ley tras el descubrimiento de Neptuno y la subsiguiente determinación de su distancia respecto al sol; podríamos decir más bien que la escasa evidencia empírica favorable a ella originariamente había dado una alta probabilidad a la asunción de que dicha fórmula era una ley, mientras que información adicional más reciente redujo tanto dicha probabilidad como para hacer prácticamente cierto que la fórmula de Bode no es verdadera en general, y por consiguiente que no es una ley",

y consiguientemente:

"La exigencia de la verdad para las leyes tiene como consecuencia que un enunciado empírico S nunca puede ser definitivamente conocido como siendo una ley" (*Ibid.*, p. 265).

Como puede verse, la exigencia de que el *explanandum* sea verdadero en todas sus componentes conlleva inmediatas complicaciones, obligando a Hempel a desarrollar su teorización de la explicación científica exclusivamente para un lenguaje formal que poseyera una expresión correspondiente para cada formulación efectiva de una ley científica. Dicho lenguaje L, tal y como es introducido por Hempel, posee únicamente un cálculo preposicional sin identidad, con cuantificador universal y existencial, constantes y variables individuales y predicados de cualquier grado. El universo del discurso de L se reduce a objetos físicos y a localizaciones espacio—temporales. Con ello, la noción de ley científica queda radicalmente reducida, conforme al más estricto programa fisicalista. Siendo sus predicados primitivos de orden exclusivamente cualitativo, Hempel, tras reconocer que "un marco lingüístico como el aquí caracterizado no resulta suficiente para la formulación de teorías científicas, puesto que no contiene funtores y no proporciona los medios para tratar con números reales" (*ibid.*, p. 271), pretende a pesar de todo dejar abierta la posibilidad de reducir todos los conceptos de la ciencia empírica a predicados primitivos de tipo puramente cualitativo.

Por supuesto, dicho programa apenas si ha suscitado tentativas efectivas de ser llevado a cabo, a causa de las propias insuficiencias del modelo nomológico—deductivo. Por citar sólo las más importantes: de atenernos a la propuesta formalizadora de Hempel, que fundamenta el concepto de ley científica en este tipo de lenguaje formal L, para dilucidar si un enunciado es nómico o no, tendríamos que reducir la teoría correspondiente a L, lo cual parece completamente irrealizable. De hecho, ésta ha sido una de las

críticas principales que ha suscitado la *concepción heredada* en filosofía de la ciencia, dando lugar a propuestas alternativas, como las de Kuhn, Lakatos, la concepción semántica o la concepción estructural. Por otra parte, es claro que difícilmente este tipo de concepciones podrían ser utilizadas en el caso de las ciencias sociales, por no mencionar las matemáticas (en las cuales también se habla de leyes: véase la ley de los grandes números, o la ley de distribución de los números primos), la informática, la teoría de la información, la lingüística matemática y en general las teorías que no pertenecen al ámbito de las ciencias naturales.

Desde la perspectiva adoptada en esta obra, existe una segunda crítica que se podría hacer a Hempel. Precisamente por afirmar que la ciencia está determinada por un valor predominante, la búsqueda de la verdad y el rechazo de la falsedad, Hempel se ve forzado a afirmar que ni las leyes de Bode fueron leyes ni ningún enunciado científico es, tarde o temprano, una ley, puesto que todos ellos serán considerados como insuficientes o refutados en el futuro. Ello le acarrea numerosas dificultades que, desde nuestro punto de vista, son pseudoproblemas inducidos por su tesis monista en lo que respecta a la axiología de la ciencia.

Aquí afirmaremos, por el contrario, que las leyes científicas pueden cambiar a lo largo de la historia y que ha habido enunciados, como las leyes de Bode, que fueron nómicos en su tiempo, pero que ya no lo son. Asimismo hay leyes científicas actualmente vigentes, lo cual no equivale a decir que sean leyes eternas. En la medida en que pensemos que los enunciados nómicos determinan la práctica de los científicos, es perfectamente admisible pensar que las leyes cambian, así como cambia la praxis científica. La ciencia está gobernada por una pluralidad de valores, que a su vez varían de tiempo en tiempo, aunque con mucha mayor lentitud que las leyes. Las leyes son optimizaciones concretas de los sistemas axiológicos vigentes en cada momento, y por ello hay que distinguir entre aquellos cambios nómicos que se producen por motivos de reequilibrio de los valores de la ciencia, por ejemplo al proponer leyes científicas más generales, como la de Newton, o cambios nómicos suscitados por la aparición de nuevas leyes científicas incompatibles con las anteriormente vigentes. En estos últimos casos cabe hablar de un cambio revolucionario, aunque haciendo la precisión de que dicha transformación, para que de verdad pueda ser considerada como una revolución científica, no sólo debe producirse en el contexto de innovación, sino que debe alcanzar también al contexto de aplicación y al de educación, e incluso al contexto de evaluación, aunque esto sólo sucede en el caso de las grandes revoluciones científicas. En una palabra: nuestra distinción de los cuatro contextos nos permite distinguir

grados en los cambios científicos y establecer criterios más estrictos para hablar de revoluciones científicas.

Si volvemos a Hempel y a su definición de las leyes científicas, aparte de la condición de ser verdaderas, Hempel les exige otros requisitos, que pueden ser resumidos en la propuesta de Goodman, según la cual hay enunciados que pueden ser considerados como cuasi—leyes (*lawlike*) por su forma sintáctica (Goodman, 1947, p. 125). Ello incluye los enunciados analíticos, por una parte, pero asimismo las proposiciones con contenido empírico que satisfagan las siguientes condiciones: universales por la forma, condicionales, ilimitadas en el ámbito de su aplicación (al menos en el caso de las leyes fundamentales) y, sobre todo, que no incluyan referencia a objeto particular alguno, lo cual lleva a Hempel a exigir que los predicados usados en la formulación de las cuasi-leyes sean exclusivamente cualitativos. Obviamente, las leyes estadísticas quedarían en principio fuera del marco propuesto por Hempel. Sin embargo, al reconocer que juegan un papel importante en la ciencia, tuvo que dedicar una atención especial al problema de la *explicación estadística*, distinguiendo entre una explicación inductivo-estadística de los hechos y una explicación deductivo-estadística de las regularidades, que no es el caso de considerar aquí en detalle (Hempel, *o.c.*, pp. 376-412).

El defecto mayor del modelo hempeliano estriba en su pretensión de reducir las teorías y las leyes científicas a su expresión lingüística, siendo así que, tal y como ha afirmado el físico Feynman (siguiendo el modo mayoritario de pensar de los científicos), su formulación precisa es ante todo matemática: y, desde luego, la reducción de nociones matemáticas como las de derivada, integral, límite, etc. a lenguajes formales como los propuestos por Hempel constituye una empresa abocada al fracaso. El recurso a técnicas formalizadoras más ágiles y poderosas, como la técnica del predicado conjuntista propuesta por Suppes y Sneed, parece una condición *sine qua non* para hacer viable el modelo nomológico-deductivo en el marco epistemológico en el que fue formulado.

Ocurre, por otra parte, que las condiciones exigidas por Hempel a las formulaciones de las leyes científicas no satisfacen, ni mucho menos, otras muchas características de las mismas. El propio Feynman, sin ir más lejos, distingue en el caso de la Física hasta seis propiedades importantes de los enunciados nómicos, que escasamente coinciden con los considerados por Hempel:

1. Las leyes fundamentales requieren formulaciones matemáticas, habiendo siempre varias formas de expresarlas (basadas en diferentes conceptos, predicados y operadores). Por otra parte, la expresión matemática

representa por sí misma una vía para el descubrimiento de nuevas leyes, como ocurrió en el caso de Dirac, e incluso en el del propio Einstein. Este diferente potencial heurístico, por decirlo en términos de Lakatos, es fundamental también en el caso de los enunciados nómicos.

2. Las leyes físicas nunca son exactas, hecho éste que ha sido ampliamente analizado por Scriven (*inaccuracy*)^m, sobre cuyo análisis de las leyes científicas volveremos a continuación.

3. Las leyes físicas tienden a ser simples, por lo que respecta al modo de ser formuladas. La belleza y la simplicidad en la formulación de una ley constituyen con frecuencia un criterio de aceptabilidad para los físicos.

4- Las leyes físicas son universales.

5. Muchas de las leyes físicas más importantes satisfacen el requerimiento de ser simétricas por su formulación. Dicha propiedad ha tenido asimismo una función heurística muy considerable.

6. Por supuesto, las leyes físicas han de ser adecuadas, en el sentido de concordar con los correspondientes experimentos, y a poder ser con el resto de las leyes vigentes en otras ciencias, aunque esto no lo señala Feynmann.

Es claro que las propuestas de Feynmann¹⁶⁹ no son sistemáticas ni responden a los cánones de rigor que un filósofo de la ciencia formado en la tradición analítica requeriría para sus reconstrucciones de las teorías y conceptos científicos. Sin embargo, resultan ilustrativas de cómo piensan los propios físicos sobre el tema de las leyes científicas.

VI.3. OTRAS CONCEPCIONES SOBRE LAS LEYES CIENTÍFICAS

En la fase de emergencia del positivismo lógico, el círculo de Viena afirmó que la ciencia es ante todo descriptiva. Por tanto, la explicación, y en particular la explicación causal, no forma parte de las metas de una filosofía científica¹⁷⁰. Ulteriores desarrollos de la filosofía analítica de la ciencia fueron modificando esta concepción, de tal modo que, primero Popper y luego el propio Carnap, aceptaron la función explicativa de las teorías científicasⁿ. Aunque el modelo deductivo—nomológico de explicación

^m* Ver Scriven (1961), pp. 91-92.

ⁿ Véase Feynmann (1965), c. 4.

¹⁷⁰ Una tesis clásica en este sentido es la de M. Schlick en su artículo *Description and Explanation*: ver Schlick (1949, pp. 17-21).

ⁿ Ver Popper (1962), c. 3.7 y Carnap (1950), p. 3, así como Carnap (1966), pp. 12-17 para una descripción de toda esta transformación.

científica ha centrado el debate en torno a las leyes científicas en los últimos años, otras muchas posturas han sido mantenidas, que conviene recordar brevemente.

Braithwaite, por ejemplo, afrontó el problema de las diferencias entre las leyes y las generalizaciones accidentales, que había sido comentado previamente por Hume, Mach, Pearson y Jeffreys:

"la diferencia entre los universales de ley y los universales de hecho radica en los diferentes papeles que ambos desempeñan en nuestro pensamiento, más que en ninguna diferencia entre sus contenidos objetivos" (Braithwaite, 1953, pp. 294-5).

También Reichenbach abordó el mismo problema, concluyendo que la distinción entre enunciados nómicos y generalizaciones accidentales es simplemente epistémica, y está basada en los diferentes tipos de evidencia empírica que sustentan la verdad de ambos tipos de enunciados generales¹⁷². Hanson, Scriven y Goodman fueron los primeros críticos del modelo deductivo—nomológicoⁿ, mientras que Toulmin propugnó una concepción intrumentalista de las leyes y de las teorías (Toulmin, 1953 y 1972) como alternativa a las concepciones positivistas de la concepción heredada. Al estudiar la explicación de los fenómenos históricos, Dray defendió la especificidad de las explicaciones históricas, que tratan de captar la intencionalidad de las acciones humanas, lo cual no sucede en el caso de las ciencias naturales (Dray, 1957). Nagel, en su extensa obra sobre la estructura de la ciencia, comentó ampliamente estos problemas, sin llegar a conclusiones definitivas (Nagel, 1961, caps. 3 y 4). La postura de Rescher consistió en afirmar que las leyes científicas no revelan factores objetivos del mundo, sino que dependen de nuestras propias imputaciones, y por lo tanto de nuestra mente (Rescher, 1969-70, pp. 97-121). Más recientemente, Skyrms ha propugnado un tratamiento puramente pragmático de la cuestión (Skyrms, 1980), mientras que Van Fraassen, al centrar el debate sobre la explicación científica y la función de las leyes en la lógica erotética, y por lo tanto en el tipo de preguntas a las que responden las diversas explicaciones científicas, ha abierto una nueva vía en el tratamiento del problema (B. van Fraassen, 1980 y 1989). Las de Kitcher y Salmon en 1989, junto con el libro más reciente de Salmon, *Four Decades of Scientific Explanation* (Salmon, 1990), proporcionan amplios materiales en torno a la evolución de la controversia, si bien contribuciones tan importantes como las de von Wright (1971) no han merecido un tratamiento adecuado en dichas obras.

¹⁷² Véase Reichenbach (1954), en donde se hace un amplio análisis del tema.

¹⁷¹ Ver Hanson (1959), Scriven (1961) y Goodman (1947 y 1955).

Retomaremos aquí algunos de los puntos centrales del debate, comenzando por las *leyes físicas*, que sin duda han sido el principal objeto de análisis. Michael Scriven resumió bien algunas de las propuestas más características en su artículo "The key property of physical laws-inaccuracy" (1961, pp. 91-104), motivo por el cual tomaremos dicho texto como primer hilo conductor.

Para Scriven,

"el hecho más interesante relativo a las leyes de la naturaleza consiste en que se sabe que todas ellas son virtualmente erróneas" (*Ibid.*, p. 91).

Ninguna ley físico-natural es verdadera en los términos en los que está formulada en los libros de texto: y menciona como ejemplos las leyes de Newton, las leyes de Boyle y de Charles para los gases, las dos leyes de la termodinámica, la ley de Snell de la refracción óptica, la ley de la elasticidad de Hooke, etc.¹⁷⁴. Consiguientemente, se puede pensar que las leyes son sólo probables, tanto en el sentido trivial de que nunca pueden haber sido comprobadas en todos los casos sobre los que versan, por ser éstos innumerables, como en el sentido de que, pese a ello, poseen un alto *grado de confirmación*, usando dicho término en el sentido técnico de Popper o de Carnap, que está basado en el cálculo de probabilidades. Según Scriven, este segundo tipo de análisis de las leyes tampoco sirve: ni son verdaderas ni son probablemente verdaderas, porque de hecho se sabe que no son ciertas.

Surge así una tercera concepción, ampliamente difundida, que sugiere que las leyes físicas son *buenas aproximaciones* con respecto a los hechos observables, limitando incluso, en un cuarto modo de análisis, su validez a un cierto ámbito de aplicación. Sin embargo, la noción de buena aproximación no es fácil de definir: si la hacemos depender del grado de precisión de los instrumentos usados o de lo que es aceptable como tal en un momento histórico dado, la estamos convirtiendo en una noción básicamente pragmática.

Una sexta teoría, según el orden de Scriven, establece que las leyes son efectivamente verdaderas, pero en cambio no son generales: son aserciones sobre la imposibilidad de un determinado evento ("el cero absoluto es inalcanzable", "no existe el móvil perpetuo de primera especie", etc.) y resultan particularmente usuales en termodinámica. Nos reencontramos así con las tesis de Popper mencionadas al comienzo de este capítulo.

¹⁷⁴ Este hecho concuerda perfectamente con las posturas defendidas en esta obra. La expresión un saber científico concreto, y en concreto de las leyes, no es la misma en el contexto de educación que en los restantes contextos de la ciencia.

La concepción puramente descriptivista de las leyes, según la cual éstas resumen datos y regularidades, sin más, sería una séptima concepción, que podría dar lugar a una octava: las leyes son esencialmente estadísticas, como suele decirse al hablar de la mecánica cuántica.

Scriven distingue una novena concepción basada en la suposición de que las leyes físicas son verdaderas, pero no por lo que respecta a los fenómenos que supuestamente describen: son proposiciones que versan sobre nuestras sensaciones. La objeción obvia consiste en que también nuestras sensaciones pueden estar sujetas a error, a pesar de lo que hayan afirmado muchos clásicos del empirismo¹⁷⁵. En el extremo opuesto, muchos han afirmado que las leyes, además de ser verdaderas, son necesariamente verdaderas, e incluso principios de necesidad natural. Una undécima concepción diría que las leyes no son ni verdaderas ni falsas, sino más bien convenciones o reglas de inferencia que elegimos debido a su particular utilidad para predecir y explicar hechos físicos. La insistencia en la generalidad de las leyes como un punto esencial, y en particular la exigencia de que no involucren en sus formulaciones ningún nombre individual, caracteriza una duodécima concepción; a juicio de Scriven resulta dudosa, pues es claro que las leyes de Kepler, por ejemplo, tienen al Sol como referente inexcusable en su propia formulación. Por otra parte, no es nada sencillo definir lógicamente la noción de nombre propio o individual, como los recientes debates en torno a dicho tema han mostrado "\ Por último, Scriven señala una decimotercera postura, según la cual lo que distingue a las leyes de otro tipo de enunciados empíricos con pretensión de generalidad es su capacidad para soportar enunciados contrafácticos, como señalaron Lewis y otros muchos (Lewis, 1973 y 1986).

Como resultado de todo este recorrido en torno a las diversas concepciones sobre las leyes físicas, Scriven propone la siguiente definición de dicho concepto:

"En resumen, podemos decir que las leyes físicas más típicas expresan una relación entre cantidades o una propiedad de sistemas que es la *más simple aproximación* al comportamiento físico auténtico *que puede ser usada* y que aparece como *teóricamente tratable*"¹⁷⁷.

Independientemente de los defectos y de las virtudes que pudiera tener esta solución de compromiso, puede servirnos al menos para subrayar un

¹⁷⁵ Véase por ejemplo Bertrand Russell, quien sostuvo que "el percibir no está sujeto a error" (Russell (1966), p. 312).

¹⁷⁶ La obra de Kripke, *Naming and Necessity* (1972) es al respecto una referencia básica.

¹⁷⁷ M. Scriven, o.c., p. 100.

nuevo punto problemático e importante: una ley es tratable teóricamente, según Scriven, si resulta ser consistente con alguna teoría establecida o si parece que puede ser una base adecuada para una teoría nueva. Muchas de las reflexiones más recientes en torno al concepto de ley científica han insistido en la estrecha interrelación entre *leyes y teorías*, o si se prefiere en el hecho de que nunca se enuncia una ley aisladamente: ello siempre tiene lugar en el marco de una o varias teorías, estén éstas aceptadas por la comunidad científica o representen, por el contrario, teorías alternativas a las vigentes.

Así lo han hecho Frederick Suppe y los representantes de las concepciones semántica y estructural, por mencionar dos escuelas de amplia incidencia en las últimas décadas del siglo XX. Comentando las tesis de Scriven, y más concretamente la definición precedente del concepto de ley física, Suppe escribe:

"Una teoría es, en esencia, un modelo general del comportamiento de los sistemas que caen dentro de su ámbito. El modelo es un *sistema relacional* cuyo dominio es el conjunto de todas las ocurrencias de estado lógicamente posibles, y cuyas relaciones determinan secuencias temporalmente dirigidas de las ocurrencias de estado que corresponden al comportamiento de los sistemas posibles dentro de su ámbito intencional, e indican qué cambios de estado son físicamente posibles. Estas relaciones secuenciales son las *leyes* de la teoría" (Suppe, 1976, p. 249),

y a continuación distingue diversos tipos de leyes:

1. Leyes deterministas de sucesión, como las leyes de la mecánica newtoniana.
2. Leyes estadísticas de sucesión, basadas en los procesos de Markov, que asignan probabilidades condicionales en el tiempo a cada cambio de estado.
3. Leyes deterministas de coexistencia, como las teorías del equilibrio en microeconomía.

Suppe admite otros tipos de leyes, en particular las que versan sobre la interacción de sistemas, pero lo esencial radica siempre en que

"una teoría modeliza los comportamientos de sistemas posibles dentro de su ámbito, a base de determinar secuencias de ocurrencias de estados que corresponden a los comportamientos de todos esos posibles sistemas" (*Ibid.*, p. 249).

Las leyes no son sino relaciones que determinan secuencias posibles a lo largo del tiempo; pero lo hacen a través de las modelizaciones previamente elaboradas, que son consustanciales a la teoría:

"De acuerdo con la concepción semántica de las teorías, por consiguiente, las teorías científicas son sistemas relacionales que funcionan como modelos cónicos que caracterizan todos los posibles cambios de estado que los sistemas de su ámbito podrían adoptar bajo circunstancias idealizadas. Y la teoría será *empíricamente verdadera* si y sólo si la clase de secuencias posibles de las

ocurrencias de estado determinadas por la teoría es idéntica a los comportamientos posibles de los sistemas dentro de su ámbito intencional bajo condiciones idealizadas" (*Ibid.*, p. 251)⁸.

Tanto la concepción semántica como la estructural subrayan la importancia de la noción de *modelo* para el análisis y la reconstrucción de las teorías científicas, y por consiguiente de las leyes científicas. Balzer, Moulines y Sneed establecen esta diferencia radical con respecto a la concepción heredada en filosofía de la ciencia en los siguientes términos:

"La intuición fundamental que subyace a nuestro enfoque consiste en que las partes más pequeñas de la ciencia empírica, desde el punto de vista de la significación o del interés —cosas como las leyes empíricas— están caracterizadas mejor, no ya como entidades lingüísticas, sino como entidades modelo-teóricas: como clases de estructuras teórico-conjuntistas" (Balzer y otros, 1987, p. XXI).

Una teoría científica usa modelos matemáticos y los aplica a aquellos ámbitos empíricos para los cuales se ha propuesto efectivamente (por parte de la comunidad científica) que dicha teoría puede ser aplicada. Siendo las teorías universalizadoras, no lo son más allá del conjunto de sus aplicaciones propuestas, las cuales introducen unas componentes semántica y pragmática ineludibles en la estructura de toda teoría. Las leyes han de cumplirse rigurosamente en los modelos matemáticos, pero no así cuando éstos son interpretados en dominios empíricos concretos: en tal caso las inexactitudes aparecerán siempre, precisamente por la diferencia epistemológica entre modelos matemáticos y sistemas empíricos. Por otra parte, lo esencial de las teorías no es su expresión lingüística, que por supuesto la hay, sino las clases de modelos que definen diversos componentes de su núcleo. Por lo mismo, las leyes científicas pasan obligadamente por la mediación de dichas modelizaciones, antes de ser aplicadas e interpretadas como verdaderas o falsas en algún ámbito empírico. La concepción semántica no hace uso de las técnicas conjuntistas propias de los estructuralistas, prefiriendo la noción de espacio de estados para reconstruir las teorías y las leyes; pero sí coincide con la concepción estructural en la conveniencia de estudiar el concepto de ley científica en base a la noción de modelo, en lugar de los enunciados y los sistemas formales usados por Hempel y por los defensores de la concepción heredada¹⁷⁹.

Tal y como veremos más adelante, este giro permite emprender el análisis de teorías que ya no proceden exclusivamente de la Física, como ha

⁸ *Ibid.*, p. 251.

¹⁷⁹ Para una exposición más detallada de todo este cambio en la Metateoría científica puede verse J. Echeverría (1989, c. 6).

sido frecuente en buena parte de los filósofos de la ciencia del siglo XX. Por lo mismo, permite hablar de un concepto de *ley científica*, y ya no sólo de *ley física*, como ocurría en el caso del modelo nomológico-deductivo. Ello no significa que las dificultades para la reconstrucción de dicho concepto hayan desaparecido, tal y como tendremos ocasión de comprobar. Sin embargo, a partir de los años 70, y en buena medida por influencia de los críticos de la concepción heredada (Toulmin, Hanson, Putnam, pero sobre todo Kuhn y Lakatos), puede decirse que la nueva filosofía de la ciencia ha dejado de lado el modelo nomológico-deductivo y ha propuesto nuevas técnicas y nuevas ideas que pueden ser aplicables a la delimitación del concepto de ley en las ciencias.

VI.4. LEYES NATURALES Y LEYES CIENTÍFICAS

En la fase de emergencia de la ciencia moderna no se hablaba de leyes, sino más bien de principios, en buena medida porque la concepción aristotélica de la ciencia seguía teniendo un peso importante. La ciencia era búsqueda de las causas, y cada ciencia debía tener sus propias causas últimas, o primeros principios. La aparición del concepto de *ley natural*, ampliamente desarrollado por Hobbes y por Locke¹⁵⁰, influyó en la progresiva introducción de una terminología nomológica en la reflexión sobre la ciencia, que fue reemplazando la clásica dicotomía entre causas y efectos. Hasta llegar a la tajante afirmación de Mach, "no hay causas ni efectos en la naturaleza" (Mach, 1902, p. 482), un largo camino había sido recorrido, en el que la figura de Hume tuvo especial relevancia. Hume rechazó toda relación causal, reemplazándola por un orden de sucesión temporal en el que se advierten regularidades, las cuales pasan a ser objeto de la investigación científica¹⁸¹.

El cambio terminológico que va de los principios de la naturaleza a las leyes de la naturaleza es particularmente significativo. Tal y como ha

¹⁵⁰ La obra de Locke, *Questions concerning the Law of Nature* (Cornell Univ. Press 1990) ilustra la existencia de una ley natural en cada individuo, que marca la presencia en su alma del Dios legislador; idea que se remonta a los estoicos ("vive de acuerdo con tu naturaleza") y en particular a Cicerón. A Hobbes (*Leviatán* I, c. XIV) se debe la distinción entre ley natural y derecho natural.

¹⁸¹ La teoría de las regularidades, que procede de Hume, ha sido ampliamente comentada por Molnar (1969) y por Armstrong (1983), y criticada por Kneale (1950 y 1961) y otros. Según Molnar, una regularidad humeana *p* es una ley si y sólo si *p* es una proposición cuantificada universalmente, *p* es verdadera (omnispacial y omnitemporalmente), *p* es contingente y *p* sólo incluye predicados empíricos no locales, aparte de las conectivas y cuantificadores lógicos.

subrayado Meyerson,

"el postulado de causalidad no se confunde de ninguna manera con el de legalidad" (Meyerson, 1912, p. 19).

No es lo mismo investigar las causas de los fenómenos que indagar las reglas a las que están sujetos. La existencia de principios y de causas dependerá de Dios, de la Naturaleza o de alguna entidad trascendente. Las leyes, en cambio, suelen ser humanas, muy humanas. En este sentido, conviene volver a citar a Meyerson a la hora de extraer las consecuencias derivadas de dicho cambio conceptual, iniciado en el siglo XVII y culminado claramente en el siglo XIX:

"Al plantear la existencia de reglas, postulamos evidentemente que son cognoscibles. Una ley de la naturaleza que no conocemos no existe, en el sentido más riguroso del término. Ciertamente, nos parece que la naturaleza está ordenada. Cada nuevo descubrimiento, cada previsión realizada nos confirman en esta opinión. En la medida en que la propia naturaleza parece proclamar ella misma su propia ordenación, esta idea parece que entra en nuestro espíritu desde fuera sin que hagamos otra cosa que recibirla pasivamente; el ordenamiento termina por aparecernos como un hecho puramente empírico, y las leyes formuladas por nosotros como algo que pertenece a la naturaleza, como las *leyes de la naturaleza*, independientes de nuestro entendimiento. Ello implica olvidar que estábamos convencidos de antemano de la existencia de esas leyes. También implica olvidar cómo hemos llegado a esas leyes " ... "En realidad, no llegamos a las leyes sino violentando, por así decirlo, a la naturaleza: aislando de manera más o menos artificial un fenómeno del gran todo, prescindiendo de las influencias que hubieran *falseado* la observación" (Ibid., pp. 19—21).

Retomaremos este tipo de ideas en el último apartado, aunque conviene recalcar desde ahora la tesis de Meyerson, según la cual sólo existen las leyes que son conocidas (y, podríamos añadir, practicadas: de poco sirve que un científico enuncie una ley si la comunidad científica no la acepta y no la practica). Si aceptamos provisionalmente su modo de razonar a la hora de distinguir entre causalidad y legalidad en la ciencia, todavía más significativo ha de resultar el paso del concepto de leyes de la naturaleza al de leyes científicas. El fisicalismo y naturalismo inherentes a la terminología acuñada en el siglo XVII dejan paso a una artificialización de la ciencia (y de la propia naturaleza, claro está), que será la cuestión central abordada al final de este capítulo.

Antes de llegar a ello conviene, sin embargo, que recordemos algunas de las teorizaciones clásicas en torno a las leyes de la naturaleza, para poder inferir un elenco suficiente de propiedades y características de las leyes científicas que luego pueda ser reinterpretado a partir de las nuevas posturas teóricas que vamos perfilando.

Para Descartes, y con diferentes variantes para los representantes del racionalismo del XVII, las leyes de la naturaleza son obra de Dios: a los

seres humanos, y en particular a los científicos, les corresponde la tarea de descubrirlas. En *Le Monde: Traite de la Lumière*, Descartes afirma claramente que

"Dios ha establecido tan maravillosamente estas leyes que, aun cuando supongamos que no ha creado nada más que lo dicho" ... "tales leyes son suficientes para lograr que las partes de este caos se desenmarañen y dispongan en tan buen orden que alcancen la forma de un mundo perfecto y en el que no sólo pueda verse la luz, sino también todas las cosas generales y particulares que aparecen en este verdadero mundo"¹¹².

Otro tanto piensan Newton, Leibniz y el propio Spinoza, aunque sea bajo la especie del *Deus sive Natura* que ha seguido estando vigente, a grandes rasgos, en las diversas versiones del materialismo. El debate del siglo XVII en torno a los milagros resulta particularmente ilustrativo, pues en él se aborda el problema de las excepciones (o cabría decir mejor, anomalías) a las leyes de la naturaleza. Ya Locke subrayaba que la presencia de Dios no sólo se manifiesta en las leyes, sino también en los milagros¹⁸⁵. Para Leibniz hay tres tipos de leyes o principios: el más general es el principio de identidad y no contradicción, que regula los mundos posibles, y al cual está sujeto el propio entendimiento divino; luego vienen los principios que determinan las verdades de hecho, tales como el de óptimo, razón suficiente, continuidad y máxima determinación. Por último, hasta los propios individuos están regulados por sus propias leyes o principios, que les constituyen como tales individuos, pero que en realidad son variantes o perspectivas de los anteriores principios generales, producto de la voluntad divina. Puede parecer que los milagros alteran estos principios individuales, o incluso leyes más generales de la naturaleza: pero siempre están regulados por leyes todavía más fundamentales, tales como el principio de óptimo, que determina la existencia, entre todos los mundos sujetos a reglas, del mejor de los mundos posibles, es decir el mejor regulado de todos ellos. La pluralidad de leyes posibles en la naturaleza, y el hecho de que rijan unas más bien que otras, depende para Leibniz de leyes o principios superiores, sin cuya intelección difícilmente podemos acceder a un conocimiento cabal de lo que es el mundo.

¹¹² R. Descartes, *El Mundo: Tratado de la Luz*, trad. Salvio Turró, Barcelona: Anthropos 1989, pp. 103-105.

¹⁸⁵ J. Locke, *o.c.*, p. 95. Con respecto a la regulación de la Naturaleza, Locke asevera que Dios "ha ordenado a los cielos girar en sus revoluciones perpetuas, a la tierra permanecer en su sitio, a las estrellas brillar y ha prescrito para cualquier tipo de planta la manera y la estación en que germinará y crecerá" (*Ibid.*). Como puede verse, hasta las leyes inmutables de Dios han cambiado considerablemente.

Este mismo tipo de concepción de las leyes de la naturaleza podría ser ejemplificada, con matices y diferencias, pero sin desgajarse del tronco común, en cualquiera de los grandes pensadores que dieron origen a la ciencia moderna. El concepto de ley, por consiguiente, ha estado marcado en el pensamiento científico por una impronta teológica, sea en su variante teísta o ateísta: sólo a finales del siglo XIX, y en algunos escasos autores, comienza a atisbarse un nuevo tipo de fundamentación de las leyes de la naturaleza. Para ello fue esencial la crítica humeana al principio de causalidad, pero también la reinterpretación del mismo en términos del principio de legalidad que rige la investigación científica, y que podemos ver claramente formulado por Helmholtz:

"Ha quedado luego claro para mí que el principio de causalidad no es otra cosa que la suposición de la legalidad de todos los fenómenos naturales" (Helmholtz, 1882, p. 68).

En este sentido, el fisicalismo del Círculo de Viena, aunque aparentemente desprovisto de connotaciones metafísicas y teológicas, resultó claramente regresivo con respecto a la progresiva asunción en las distintas disciplinas científicas del principio de legalidad, que remite la construcción de la ciencia y sus propiedades estructurales a la propia responsabilidad de los científicos, sin delegarla en entidades trascendentes. La suposición de legalidad de todos los fenómenos de la naturaleza, formulada claramente por Helmholtz, se ha ido ampliando a los fenómenos sociales, a los fenómenos económicos e, incluso, a los fenómenos individuales. No pudiéndose explicar este tipo de ciencias en base a ley alguna de la naturaleza (salvo en periclitadas tendencias fisicalizadoras), la noción de *leyes científicas*, con toda su pluralidad y complejidad, ha ido reemplazando ventajosamente a la noción clásica de leyes de la naturaleza.

Georges Boole, por ejemplo, investiga directamente las *leyes del pensamiento*, cuya delimitación es el principal objetivo de la Lógica. Desde el principio de su obra básica, Boole enuncia como programa la investigación (empírica, por cierto) de las leyes que rigen el pensamiento humano:

"El propósito del siguiente tratado es investigar las leyes fundamentales de aquellas operaciones de la mente mediante las cuales se lleva a cabo el razonamiento; expresarlas en el lenguaje simbólico de un cálculo, y establecer sobre esta base la ciencia de la Lógica y construir su método" (Boole, 1982, p. 11).

Puesto que los números y el lenguaje son los dos principales instrumentos del razonamiento científico, Boole va a estudiar las leyes que rigen el uso de ambos, tanto cuando dichas leyes son comunes al lenguaje y al álgebra como cuando difieren. Si alguien dudara de que existen tales leyes, Boole no entraría en discusión con él: bastaría con remitir al objetor a la

evidencia de que existen tales leyes, poniendo a la ciencia como prueba de ello (*Ibid.*, p. 3). Como puede verse, la propia presencia de la ciencia, en tanto hecho empírico, permite inferir leyes más generales y abstractas que las vigentes en la Física, sin romper por ello con las reglas del más riguroso empirismo:

"Como todas las demás ciencias, la de las operaciones intelectuales debe apoyarse primariamente sobre la observación, siendo el asunto de dicha observación las mismas operaciones y procesos cuyas leyes queremos determinar" (*Ibid.*, p. 13).

Sin embargo, el propio Boole admite que hay algunas diferencias entre la investigación empírica aplicada a la naturaleza y la que él pretende iniciar con respecto a la mente. La explicación que proporciona de dichas diferencias es particularmente ilustrativa:

"Las leyes generales de la Naturaleza no son, en su mayor parte, objetos inmediatos de la percepción. Son ora inferencias inductivas extraídas a partir de un gran conjunto de hechos cuya verdad común expresan, o, en su origen al menos, hipótesis físicas de naturaleza causal que sirven para explicar los fenómenos con una gran precisión y para permitirnos predecir nuevas combinaciones de los mismos. Son en todos los casos, y en el sentido más estricto del término, conclusiones *probables* que se aproximan cada vez más a la certeza en la medida en que reciben más y más confirmación a partir de la experiencia" (*Ibid.*).

Como puede verse, buena parte de los tópicos frecuentemente mencionados entre los filósofos del siglo XX aparecen claramente mencionados en este pasaje de Boole. Lo interesante, sin embargo, estriba en que esta caracterización booleana de las leyes de la naturaleza ha sido propuesta precisamente para contraponerlas a las leyes del pensamiento, que son el objetivo de su investigación: por eso afirma inmediatamente después:

"el conocimiento de las leyes de la mente no requiere tener como base una extensa colección de observaciones. La verdad general se ve en la instancia particular y no es confirmada por la repetición de instancias" ... "la percepción de este tipo de verdades generales no se deriva de la inducción a partir de muchas instancias, sino que está incluida en la aprehensión clara de una instancia singular" (*Ibid.*).

Para buscar las leyes del pensamiento hay que proceder empíricamente, pero, al igual que en el método de análisis y síntesis de los geómetras griegos, lo esencial es la búsqueda de la instancia adecuada, es decir del ejemplo concreto de funcionamiento de nuestra mente en el cual se ejemplifique una ley general. Logrado esto, no hace falta proseguir con nuevos ejemplos. Cada instancia convenientemente seleccionada tiene un valor universal, como lo tenían las figuras auxiliares de la Geometría griega o como lo tiene un algoritmo matemático concreto. Ello no impide que unos ejemplos o instancias puedan ser preferibles a otros, por ser más claros,

como dice Boole. Puesto que la Lógica siempre trabaja por medio de símbolos (sean éstos palabras, fórmulas o encadenamientos proposicionales), Boole conectó su estudio con las investigaciones realizadas previamente respecto a las leyes generales de los signos algebraicos, encontrando que muchas de ellas son válidas como leyes del pensamiento. También es posible descubrir leyes especiales que rigen el funcionamiento lingüístico de nuestra mente, como la ley de idempotencia, válida para el pensamiento humano basado en el lenguaje, pero no para el basado en signos matemáticos (salvo para los números 0 y 1, que precisamente por ello pasarán a desempeñar un papel particularmente relevante en las teorías booleanas). Por supuesto, "las leyes fundamentales de la Lógica son matemáticas en su forma" [*Ibid.*, p. 18), si bien hay que señalar que Boole sigue ligado a la idea del descubrimiento de leyes, más que al *Ars Inveniendi*:

"Debe recordarse que no es asunto de la ciencia crear leyes, sino descubrirlas. Nosotros no creamos la constitución de nuestras propias mentes, por muy grande que sea nuestro poder de modificar ampliamente su carácter" (*Ibid.*)¹⁴.

Un programa similar con respecto a las ciencias sociales es asimismo concebido por Boole como factible, en base a las regularidades que se perciben en los fenómenos de masas. Su propia investigación en torno a la Lógica la concibe como parte de una más amplia sobre las leyes de los signos. Las leyes del pensamiento que propone finalmente Boole son, como es sabido, lo que hoy en día llamamos propiedades conmutativa, asociativa, distributiva, idempotente, etc.

Esta prolongada mención a Boole tiene particular sentido dentro del objetivo del presente capítulo: además de traer a colación temas ya casi olvidados en torno a las leyes de la Lógica y a su investigación empírica en base a instancias determinadas, y aparte de recordar algunas definiciones clásicas del concepto de ley científica, con sus consiguientes propiedades, se trata sobre todo de mantener que un adecuado concepto de ley científica no debe de ser dependiente del concepto de ley física, y ni siquiera estar centrado en él. Las concepciones semántica y estructural en filosofía de la ciencia, caso de ser válidas, habrán de mostrar su aplicabilidad a la reconstrucción de teorizaciones de la mente y del pensamiento como la propuesta por Boole, tan alejada de toda influencia kantiana. Caben diferentes modelizaciones matemáticas del funcionamiento de la mente humana (la

¹⁴ En relación con este tipo de tesis de Boole, conviene insistir en que, desde el punto de vista de la formación de un científico, su mente siempre es modelada por otros en el contexto de educación. Siempre partimos de mentes previamente existentes y de saberes constituidos, aunque mejorables.

computacional, actualmente vigente, sería una de ellas, como lo fue la asociacionista o lo ha sido la neurofisiológica), tal y como éste se muestra en nuestro uso del lenguaje, de los números y en general de los signos. No hay que olvidar que, a partir de dicha teorización, Boole pudo pretender haber derivado a partir de su ley de idempotencia ni más ni menos que el principio aristotélico de no contradicción, que pasa a ser una ley derivada dentro de la teoría booleana del pensamiento.

Vemos por tanto que la noción de ley científica no se agota en la noción, históricamente anterior, de ley o leyes de la naturaleza. Incluso la deducción y la inducción pueden haber sido teorizadas de maneras muy diferentes a lo largo de la historia, infiriéndose distintas leyes de la deducción (o de la inducción: la inducción matemática es un buen ejemplo). Un reduccionismo logicista presenta las mismas dificultades que el fisicalismo antes criticado, al menos en lo que respecta al concepto de ley científica.

Otro autor clásico que conviene traer a colación, de entre los muchos que podrían ser seleccionados, es Peirce. En su artículo "The Doctrine of necessity examined"¹⁸⁵, Peirce se propuso examinar "la creencia común de que todo hecho simple del universo está determinado por leyes de manera precisa", cuyo origen remite al propio Demócrito. Concretando el tema de su indagación, acabó centrándose en la creencia en el determinismo de las leyes mecánicas, al cual contrapondrá sus tesis sinecistas:

"La proposición en cuestión es que el estado de cosas existente en un momento dado, conjuntamente con ciertas leyes inmutables, determinan por completo los estados de cosas en cualquier otro momento (ya que una limitación al tiempo *futuro* resulta indefendible). Por consiguiente, dado el estado del universo en la nebulosa original, y dadas las leyes de la mecánica, una mente suficientemente poderosa podría deducir a partir de esos datos la forma precisa de cada ondulación de cada una de las letras que estoy ahora escribiendo" (*Ibid.*, p. 325).

Es sabido que Peirce se proponía atacar la noción de determinismo, insistiendo en la importancia de lo que hoy en día se llaman condiciones iniciales, de las cuales depende toda aplicación predictiva de una ley. Por cierto que en dichas condiciones iniciales siempre hay referencia a datos concretos e individuales, con lo cual tanto la predicción como la explicación científica no pueden ser consideradas ajenas a la intervención de variables individualizadas. Pero Peirce fue más lejos en su crítica, poniendo en cuestión la propia inmutabilidad de las leyes, y proponiendo una epistemología evolucionista, que no por estar de moda en la actualidad resulta

menos valorable, sobre todo si se tiene en cuenta el momento en que Peirce mantuvo el posible cambio de las propias leyes científicas a lo largo del tiempo.

Peirce fue perfectamente consciente de la inexactitud de las leyes científicas:

"Trate Vd. de verificar cualquier ley de la naturaleza y encontrará que sus observaciones más precisas y más seguras mostrarán irregularidades con respecto a la ley" (*Ibid.*, p. 331),

como también tuvo claro (no en vano en su época hubo un amplio debate sobre la materia), que la propia teoría sobre los errores de observación y sobre las técnicas para compensarlos y reducirlos resultaba especialmente problemática en el ámbito de las matemáticas. Pero ante todo, fue un decidido partidario del aumento progresivo de la complejidad de la naturaleza en sus más diversos ámbitos, incluida la mente humana. Ello le llevó a dudar de la universalidad de las leyes, y ulteriormente a caracterizarlas como *hábitos*. En 1902 expuso su epistemología evolucionista en los siguientes términos:

"La hipótesis sugerida por el presente autor consiste en que todas las leyes resultan de la evolución, y que subyacente a todas las leyes está la única tendencia que puede crecer por su propia virtud: la tendencia de todas las cosas a adquirir hábitos"¹⁸⁶.

La teoría darwiniana de la evolución está presente a lo largo de todos los escritos de Peirce, incluidas sus teorizaciones sobre la ciencia y sobre las leyes científicas. Al afirmar que no hay leyes científicas absolutas ni invariantes, Peirce anticipó posturas que la filosofía naturalizada de la ciencia ha venido desarrollando en los últimos años¹⁸⁷. Para nuestro objeto, tampoco se trata de privilegiar ahora la teoría de la evolución, como antes ocurrió con la mecánica newtoniana, y definir el concepto de ley científica en base a dicho modelo biologicista y evolucionista. Sí es importante, en cambio, subrayar la existencia, entre los clásicos de la teoría de la ciencia, de concepciones que difícilmente son armonizables con el modelo nomológico-deductivo de explicación científica, ni por supuesto con el concepto positivista de ley científica. Así podremos al menos relativizar la presión que determinadas concepciones metacientíficas han ejercido durante los últimos años en el ámbito de los estudios de filosofía de la ciencia.

¹⁸⁵ Ch. S. Peirce, *Collected Papers*, v. 6.101, p. 84.

¹⁸⁷ Véanse las obras de Giere, y en concreto Giere (1988), en la que las tesis del naturalismo evolucionistas están claramente presentadas (ver pp. 12—16).

¹ Ch. S. Peirce (1892), pp. 36-65, reimpresso en Peirce (1940), pp. 324-338.

VI.5. LAS LEYES CIENTÍFICAS COMO NORMAS DE ACCIÓN

La concepción estructural dio un paso importante al incluir dentro de la estructura de las teorías a la propia comunidad científica, y con ella una componente pragmática que resulta indispensable para cualquier reflexión sobre la ciencia¹⁸⁸. Así se respondía desde la tradición analítica, y aunque fuera muy tímidamente, al revulsivo kuhniano. Desde un punto de vista interno a la concepción estructural, la inclusión de aspectos pragmáticos en la propia estructura de la teoría (y por lo tanto al mismo nivel que los modelos, las ligaduras y las aplicaciones propuestas) plantea no pocos problemas; por otra parte no pasa de ser un *desiderátum*. En efecto, las sutiles técnicas de reconstrucción y análisis del problema de los términos teóricos y observacionales no tienen su análogo a la hora de analizar la nueva componente estructural, a la que simplemente se denomina CC (comunidad científica). Nada se dice de su tipología, de sus componentes formales, de sus "ligaduras" y "vínculos" con otras comunidades, tanto científicas como no científicas. Pese a este tipo de insuficiencias (y otras muchas que se podrían mencionar), la aceptación "en principio" de esta nueva componente estructural conlleva un paso importante dentro de la tradición de la filosofía analítica de la ciencia. Por extraer una sencilla consecuencia, que será ampliamente desarrollada en lo que sigue, *no hay leyes científicas sin comunidad* (y cabría añadir, sin institución) *científica que las acepte y difunda como tales*. Y todavía más: la axiología es una componente básica de la acción de las comunidades científicas, así como de su investigación.

Sólo en virtud de este punto, el modelo nomológico-deductivo cambia profundamente, y con él el concepto mismo de ley científica, sin que valgan tampoco interpretaciones mentalistas de la actividad científica. Dado que los defensores de la concepción estructural también aceptan el concepto de *intervalo histórico* como otra componente estructural del núcleo de las teorías, una segunda consecuencia es clara: toda ley científica tiene un ámbito limitado de aplicación en el tiempo. Por supuesto, dicho intervalo (como la propia comunidad científica) sólo es determinable empíricamente, en función del desarrollo histórico de las teorías. Con ello se da un tercer paso, no menos importante: la propia historia de las teorías resulta ser una componente estructural de las mismas.

La concepción estructural no ha extraído todavía estas consecuencias, acaso porque suponen una ruptura radical con la tradición de la que proceden sus defensores, o quizás también por la propia dificultad de reconstruir estas nuevas nociones metateóricas. De hecho, al hablar del concepto de ley científica, Balzer, Moulines y Sneed permanecen en una perspectiva básicamente sintáctica, aunque con implementaciones semánticas derivadas de las clases de modelos y aplicaciones propuestas y con una aceptación programática del carácter histórico del concepto de ley:

"la noción de ley es un tipo de noción que depende fuertemente de la historia y de las disciplinas científicas" ... "No entraremos en una discusión sobre qué lista mínima de condiciones necesarias para la legalidad debería adoptarse. Sin embargo, en el caso de las teorías empíricas desarrolladas, querríamos proponer una condición adicional para las leyes fundamentales, que no parece haber sido considerada en la literatura. Si la teoría en cuestión posee más de una relación básica, se considerará que una fórmula es una ley para esa teoría si establece una conexión no trivial entre diferentes términos no básicos" ... "Las teorías empíricas desarrolladas contienen muchos términos no básicos y sus leyes fundamentales expresan conexiones entre ellos" (Balzer y otros, 1987, pp. 15-16).

Como puede observarse, se afirma la historicidad del concepto de ley, pero se caracteriza cada teoría (o elemento teórico) por sus leyes fundamentales, que sólo cambian cuando cambia la teoría. Por consiguiente, la aceptación de determinadas leyes es una característica de cada comunidad científica, sin que se vaya más allá en el estudio del aspecto pragmático de las leyes científicas.

Nuestra propuesta difiere en buena medida de las que parecen desprenderse de las tesis estructuralistas, pero mucho más de otras alternativas, y en concreto de las que tratan de circunscribir la problemática filosófica que suscita la ciencia actual a estudios de las representaciones mentales que los individuos puedan tener de las teorías. Las leyes científicas, aparte de su aspecto predictivo y explicativo, desempeñan una función institucional y práctica particularmente importante: regulan el modo de percibir los fenómenos por parte de los miembros de una comunidad científica (y si ésta es poderosa, también el modo de percepción social de dichos fenómenos) y asimismo normativizan lo que debe ser la acción científica, tanto si ésta es investigadora como si es difusora, polemizadora o docente.

La legislación científica no requiere creyentes: punto éste en el que diferimos de numerosos análisis de las actitudes epistémicas de los científicos¹⁸⁹. En el seno de una comunidad científica podrá haber creyentes;

¹⁸⁸ Véase Moulines (1982), pp. 108—116, así como la obra ya citada de Balzer, Moulines y Sneed(1987).

¹⁸⁹ Ya vimos que toda una tradición filosófica se centra en las creencias verdaderas y justificadas de los científicos. Numerosos sociólogos de la ciencia afirman asimismo que la actitud epis-

pero también escépticos, agnósticos, o simplemente descreídos. Lo que se exige es que se guarden las formas y que se investigue y enseñe como si se creyese en la veracidad de las leyes y en la utilidad de los métodos, técnicas y procedimientos que son inherentes a cada teoría. Un cierto grado de asistencia y de presencia pública en las asambleas comunitarias (que pueden celebrarse perfectamente a través de teleconferencias) es también requerido. Ser miembro de una comunidad científica supone ventajas, pero también obligaciones y responsabilidades.

Desde esta perspectiva, las leyes científicas resultan ser muy parecidas a cualquier otro tipo de leyes socialmente vigentes: su aceptación, explícita o implícita, supone la integración en un grupo, en una serie de instituciones. Los miembros más activos de la comunidad se esforzarán en desarrollar dichas leyes, en mejorar su formulación, en establecer interrelaciones con otras comunidades al objeto de interactuar y progresar conjuntamente, o simplemente en aumentar el prestigio de las teorías científicas propugnadas; pero la gran mayoría podrá considerarlas como un simple *modus vivendi*, como algo que hay que aceptar (y enseñar, y publicar al respecto) para poder ser parte integrante de la sociedad científica y acceder a los beneficios que ello supone.

Estos aspectos prácticos de la actividad científica suelen ser muy poco comentados por los filósofos de la ciencia, como tampoco el hecho de la estricta jerarquización de toda comunidad científica: se considera que para eso están los sociólogos de la ciencia. La epistemología se ocupa de otro tipo de relaciones pragmáticas: aplicar una teoría, predecir un hecho, generalizar una ley, resolver un *puzzle*, creer en la validez de un experimento. Sin embargo, la función usual de las leyes científicas es normativa y regulador y tiene como objeto los actos de los miembros de la comunidad: los experimentos hay que llevarlos a cabo conforme a las reglas vigentes de realización de experimentos científicos, al igual que la exposición y justificación de las teorías deben de ser desarrolladas conforme a la estructura

técnica de los científicos respecto al conocimiento es la de creer. Otro tanto dice Laudan, que en este punto ha sido criticado por Chalmers. A nuestro entender, así como en las sociedades regidas por el imperio de la ley no hace falta creer en las leyes vigentes, sino que basta con actuar conforme a ellas, así también los científicos orientan sus investigaciones (y su docencia, y sus propuestas de aplicaciones) en función de las leyes científicas vigentes, pero no tienen por qué creer en ellas. Los científicos ideales descritos por Popper, por ejemplo, afirmarían que ninguna ley científica es verdadera y que tarde o temprano las leyes científicas vigentes serán refutadas. No es lo mismo actuar en función de una pluralidad de valores aceptados que creer en un único valor preponderante.

deductiva o heurística previamente diseñada en los libros de texto. Estas acciones son, con mucho, las más frecuentes en la actividad científica cotidiana. La puesta en práctica de las mismas es lo que caracteriza a los miembros de una comunidad, a veces por oposición a las acciones de la comunidad científica vecina, con la cual se puede estar en relaciones de competencia, de colaboración o incluso de estricta pugna. Salvo en este último caso, el científico debe de adoptar una actitud diplomática con respecto a las leyes defendidas y propugnadas por otras comunidades científicas, otorgándoles el mismo grado de credibilidad, utilidad y veracidad que uno asigna a las leyes científicas que practica cotidianamente en su trabajo. Si no fuera por este argumento de mutuo reconocimiento, o si se prefiere de reconocimiento de la autoridad de otras personas en ámbitos de los que uno no se ha ocupado, no habría razones para creer en las leyes científicas fuera del campo concreto en donde cada científico individual ha hecho estudios e investigaciones. La postura de los científicos con respecto a las leyes es la de aceptación, no la de creencia. Y las razones por las cuales se aceptan son de índole pragmática.

Las teorías científicas y las leyes, sin embargo, no se agotan en los aspectos que acabamos de mencionar, con ser éstos importantes. Una ley científica no sólo prescribe cómo debemos percibir los fenómenos, o cómo debemos actuar para que emerjan dichos fenómenos, y no otros. Desde el punto de vista de la filosofía clásica de la ciencia se podría argumentar que lo esencial de las leyes es la capacidad de explicar y predecir los fenómenos mismos, sean éstos físicos, químicos o de cualquier otro tipo. No son los científicos quienes crean los fenómenos, ni mucho menos las leyes. Antes al contrario, los primeros les vienen dados, y las segundas han de ser descubiertas.

Ante este tipo de posturas merece la pena exponer una serie de consideraciones críticas, antes de concluir negativamente en lo que respecta a su pertinencia.

En primer lugar, cada ser humano es enseñado a percibir, nombrar y distinguir los fenómenos: la adaptación del individuo no tiene a la Naturaleza ni al Mundo como referentes, sino a la Sociedad. Las epistemologías naturalizadas de la ciencia, en la medida en que siguen insistiendo (como vimos en el caso de Peirce) en la adaptación del hombre al medio natural, resultan insuficientes. Aprender a percibir los fenómenos de los que se ocupa la ciencia implica un proceso largo y complicado de adiestramiento. De hecho, son pocas las personas que adquieren una adecuada competencia en la captación científica de esos fenómenos, que implican técnicas comple-

jas de observación y de medida, procesamiento de datos, utilización de lenguajes simbólicos y otras muchas herramientas sin las cuales el aprendiz de científico es literalmente ciego con respecto a la exactitud de las predicciones y a la validez de las explicaciones.

En segundo lugar, la ciencia moderna, y en mayor grado la contemporánea, rompieron radicalmente con la tradición griega de un conocimiento científico accesible a todos los seres humanos. Sólo tras previa integración en una comunidad científica puede uno acceder al conocimiento de las teorías y de las leyes científicas, que son constructos complejos y, en la actualidad, altamente tecnológicos. Más frecuente es la actitud de otorgar un cierto voto de confianza a las autoridades (científicas o de otro tipo) que gestionan la empresa científica. En la mayoría de los casos, la convicción de que las leyes científicas son hasta cierto punto verdaderas proviene, o bien de un argumento de autoridad, o bien de un criterio de eficacia, a la vista de los progresos que se han derivado socialmente de la actividad científica, así como de la utilidad de los artefactos que la ciencia y la tecnología han producido. Los contextos de educación y de aplicación son mucho más importantes para la aceptación de las leyes científicas que el contexto de innovación.

En tercer lugar, toda predicción científica implica la utilización precisa y rigurosa de determinados sistemas de signos, por medio de los cuales no sólo se formulan las predicciones, sino que también se recogen, codifican y tratan los datos que han de ser contrastados con la predicción. Dicho de otra manera: así como la filosofía de la ciencia del siglo XX ha llegado a tener claro que nunca se contrastan un enunciado y un hecho, asimismo hay que aceptar que una modelización científica y un sistema empírico sólo pueden ser confrontados entre sí por medio de sistemas de signos específicos. La intercorrespondencia entre ambos (o en el caso más frecuente, entre varios) sistemas de signos es el fundamento de toda verdad empírica, tal y como ya hemos argumentado en otro lugar¹⁹⁰. Por consiguiente, todo proceso de predicción y explicación científica (e incluso de observación) está previamente determinado por una competencia semiótica suficiente en el uso de los sistemas de signos socialmente pertinentes para el problema dado. Un cierto grado de adscripción a una comunidad científica es condición necesaria para cualquier comprobación efectiva de una predicción. De lo contrario, la predicción no será falsa: simplemente uno se habrá equivocado al tratar de comprobarla.

¹⁹⁰ J. Echeverría (1989), pp. 241-258.

En cuarto lugar, el proceso de "descubrimiento" de una ley científica está, como mínimo, tan mediatizado como la reforma de una norma constitucional o de una ley fundamental del Derecho Civil, Procesal o Penal. La nueva ley ha de ser propuesta, argumentada, publicada, sometida a debate, probado su interés y posible utilidad, internacionalizada, difundida, enseñada; y aun después de todos estos pasos, sólo se tratará de una ley provisional, sujeta a modificaciones, implementaciones y mejoras, que a veces pueden producir profundas transformaciones con respecto a su formulación y autoría iniciales, así como a los procedimientos y técnicas para su comprobación. Muchas "leyes" que han pasado por todas estas pruebas jamás llegan a encontrar un lugar en los libros de historia de la ciencia. Por supuesto, el acto originario del descubrimiento de la ley resulta mucho menos importante que el proceso ulterior de crítica, debate y eventual aceptación: la concepción popperiana de la objetividad científica, entendida como intersubjetividad crítica, sigue siendo un excelente punto de partida para la filosofía de la ciencia, y en concreto para reflexionar sobre las leyes científicas. La inmensa mayoría de las "leyes científicas descubiertas" perecen a lo largo de todos estos vericuetos socio—científicos, que son mucho más importantes que la experiencia inicial en el laboratorio, cara a lograr el ansiado *status* de ley. Tema muy distinto es la reconstrucción ulterior del "descubrimiento", una vez que todas esas mediaciones sociales y semióticas han sido superadas. Y lo grave es que muchos filósofos de la ciencia trabajan sólo con ese tipo de "reconstrucciones", realizadas a veces a un nivel puramente divulgativo.

En quinto lugar, bien puede inferirse como consecuencia de lo anterior aquella Ontología Social de la Ciencia de la que hablábamos en el primer apartado de este capítulo. La objetividad de las leyes científicas está altamente garantizada, pero no precisamente por la concordancia entre predicciones y experimentos, sino más bien por la adecuada intercorrespondencia entre los múltiples sistemas de signos que han de ser utilizados competentemente a lo largo de todo el proceso de aceptación de la vigencia de una ley científica, que acabamos de describir sucintamente. Paralelamente a la objetividad, todo constructo científico adquiere un alto grado de artificialidad (y si se prefiere, de sofisticación social) a lo largo de este proceso de objetivación científica. Obviamente, las ciencias más desarrolladas plantean filtros más numerosos y más complejos para la aceptación de una nueva teoría o ley; pero las reglas fundamentales del proceso de objetivación son comunes a todas las ciencias.

En sexto y último lugar (aunque no sería difícil proponer nuevos argumentos), no hay que olvidar que, sobre todo en la ciencia contemporánea,

la investigación científica pasa por la mediación de un sistema de signos particularmente relevante: el económico. Si un científico (o el grupo investigador en el que está inserto) no se muestra suficientemente competente en el dominio de las reglas que determinan la aplicación de dicho sistema de signos a la ciencia, no hay posibilidad alguna de que el "descubrimiento" (aunque fuera efectivo) llegue a convertirse en una novedad científica socialmente aceptada. Numerosos directores de Departamentos e Institutos de Investigación han de convertirse en expertos en gestión económica y en recursos humanos, dedicando la mayor parte de su tiempo a la captación de contratos de investigación o a la propaganda de los resultados obtenidos por la institución que dirigen. Numerosas revistas especializadas se convierten en plataformas publicitarias, a las cuales hay que recurrir ineludiblemente a la hora de hacer público cualquier potencial descubrimiento que se hubiera producido. Por supuesto, en el caso de las grandes financiaciones o de la obtención de premios prestigiosos, hay que desarrollar toda una política empresarial en orden a lograr, por ejemplo, la obtención de un premio Nobel. En el origen de todos esos procesos pudiera haberse producido una predicción o explicación científica de interés, desde el punto de vista de la filosofía clásica de la ciencia, pero esta propuesta inicial es transformada radicalmente por los propios científicos a lo largo del proceso de objetivación de la misma, que suele tener lugar en los cuatro contextos ya mencionados, y no sólo en el gabinete o en el laboratorio originarios. Esta concepción de la objetividad de la ciencia y de las leyes científicas es la que relativiza los argumentos de los sociólogos de la ciencia partidarios del relativismo, sobre todo si se tiene en cuenta el carácter cosmopolita y transcultural de la actividad científica, ya indicado en el capítulo IV.

Lo que Meyerson llamó *principio de legalidad* conlleva todas estas transformaciones de la actividad científica, que tiene muy poco que ver con la imagen idealizada que del descubrimiento científico transmiten historiadores, epistemólogos, sociólogos, divulgadores y filósofos de la ciencia. Ello resulta tanto más alarmante cuanto las proclamas de empirismo y de realismo suelen ser constantes, cuando no reiterativas. Hablar de leyes científicas, y hacerlo hoy en día, exige un tratamiento de estas cuestiones, que constituyen la esencia de la investigación científica actual.

Para terminar: no hay predicción científica alguna (ni explicación de fenómenos o de enunciados generales por medio de leyes) que no pase por una previa competencia semiótica en múltiples, y muy diversos, sistemas de signos. Para predecir no basta con saber observar o con saber extraer inferencias deductivas a partir de fórmulas matemáticas: hay que saber gestio-

nar una empresa científica, hay que saber competir con las empresas rivales, hay que saber organizar grupos de trabajo, hay que lograr equipamiento y financiación, hay que disponer de infraestructura instrumental, bibliográfica y de comunicaciones, hay que ser un experto en las ferias científicas que son los Congresos y Simposios, hay que ser hábil en las Comisiones donde se decide qué debe ser promovido y qué no, hay que tener apoyos para que las propias publicaciones sean difundidas, comentadas y citadas, hay que implementar tecnológicamente la presentación de los descubrimientos de tal manera que se acredite un nivel como investigador, hay que luchar por el poder en las Universidades y Centros de Investigación, etc. Hay que saber hacer e intervenir, como señaló Hacking. Una vez cumplidas todas estas condiciones, que son necesarias para la formulación, establecimiento y aceptación de una ley científica, se podrá investigar además la forma sintáctica del razonamiento usado, sus ámbitos empíricos de aplicación y todos los demás tópicos considerados por los filósofos clásicos de la ciencia. Cumplidos y satisfechos todos los ritos de paso que cualquier institución altamente jerarquizada conlleva, podrá decirse que alguien predijo algo y podrán relatarse algunas anécdotas concomitantes al "descubrimiento"; pero el auténtico trabajo de la ciencia y la actividad de los científicos tienen muy poco que ver con el que analizan y reconstruyen los filósofos de la ciencia henchidos de realismo y de empirismo.

Una ley científica, podríamos decir como conclusión y sentencia final, es todo aquello que los científicos consideran que es una ley científica. El problema no está en definir el concepto de ley científica, sino en analizar y reconstruir este nuevo concepto metateórico: *los científicos*. No dudo de que su complejidad estructural es hoy en día, pero también probablemente en otras épocas históricas, igual o mayor que la de la propia mecánica newtoniana.

Bibliografía

BIBLIOGRAFÍA SOBRE FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

ACKERMANN, R.J. (1985): *Data, Instruments and Theory*. Princeton. Princeton Univ. Press.

ACKERMANN, R.J. (1976): *The Philosophy of Karl Popper*. Baltimore. John Hopkins Univ. Press.

ACHINSTEIN, P. (1971): *Law and Explanation. An Essay in the Philosophy of Science*. Oxford. Clarendon Press.

ACHINSTEIN, P. (1968): *Concepts of Science*. Baltimore. John Hopkins.

ACHINSTEIN, P. (1983): *The Nature of Explanation*. Oxford. Oxford Univ. Press.

ACHINSTEIN, P. & BARKER, S. (ed.). (1969): *The Legacy of Logical Positivism*. Baltimore. John Hopkins Press.

AGASSI, J. (1975): *Science in Flux*. Dordrecht, Hol. Reidel.

AGASSI, J. (1981): *Science and Society*. Dordrecht. Reidel.

ARMSTRONG, D. M. (1983): *What is a Law of Nature?*. Cambridge. Cambridge Univ. Press.

ASPRAY, W. (1990): *John von Neumann and the Origins of Modern Computing*, Cambridge, MIT Press.

ASPRAY, W. y KITCHER, P. (eds.) (1992): *History and Philosophy of Modern Mathematics*, Minneapolis, Univ. of Minnesota.

AYER, A. J. (1973): *Probability and Evidence*. London. Mac Millan.

AYER, A. J. (ed.). (1959): *Lógica Positivista*. Glencoe. Free Press y London. Alien & Unwin.

BACHELARD, G. (1949): *Le nouvel esprit scientifique*. París. P.U.F.

BACHELARD, G. (1947): *La formación de l'esprit científico*. París. Vrin, 2ª ed. 1960.

BALZER, W. (1982): *Empirische Theorien: Modelle, Strukturen, Beispiele*. Braunschweig-Wiesbaden. Vieweg.

BALZER, W. (1985): *Theorie und Messung*. Berlín. Springer.

BALZER, W. & SNEED, J. D. (77-8): "Generalized Net Structures of Empirical Theories", I—II. *Studia Lógica* 36, pp. 195-211 y 37, pp. 167-194.

BALZER, W., MOULINES, C. U. y SNEED (1987): *An Architectonic for Science*, Dordrecht, Reidel, 1987.

- BARBOUR, I. G. (1980): *Technology, Environment, and Human Values*, New York, Praeger, p. 60.
- BARKER, S. (1957): *Induction and Hypothesis*. Ithaca, N.J. Cornell Univ. Press.
- BARNES, B. (1974): *Scientific Knowledge and Sociological Theory*. London. Routledge & Kegan Paul.
- BARNES, B. (1985): *About Science*, Oxford, Blackwell.
- BARNES, B. y EDGE, D. (eds.). (1982): *Science in Context*. London-Cambridge. The Open Uni. Press-MIT Press.
- BARNES, S. B. (1982): *T.S. Kuhn and Social Sciences*. London. MacMillan.
- BARNES, B. y BLOOR, D. (1982): "Relativism, rationalism and the sociology of knowledge", en M. Hollins y S. Lukes (eds.), *Rationalism and Relativism*, Oxford, Blackwell, 1982.
- BECK, ST. D. (1960): *The simplicity of science*. London. Penguin Books.
- BERNAL, J. D. (1939): *The Social Function of Science*, Londres, Routledge & Kegan Paul.
- BERNAL, J. D. (1954): *Science in History*. London. Watts.
- BERNARD, C. (1966): *Introduction á l'étude de la médecine expérimentale*, Paris, Garnier-Flammarion.
- BIJKER, W. E., HUGHES, T. P. y PINCH, T. (1987): *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge, MIT Press.
- BLACK, M. (1962): *Models and Metaphors*. Ithaca. Cornell Univ. Press.
- BLACKWELL, R. J. (1969): *Discovery in the Physical Sciences*, Notre Dame, Indiana.
- BLACKWELL, R.J. (1980): "In Defense of the Context of Discovery", *Revue Internationale de Philosophie* 34, 90-108.
- BLOOR, D. (1976): *Knowledge and Social Imagery*, London & Boston, Routledge & Kegan Paul.
- BLUME, S. (ed.). (1977): *New Perspectives in the Sociology of Science*. London. MacMillan.
- BOOLE, G. (1854): *An investigation of the Laws of Thought on which are founded the Mathematical Theories of Logic and Probabilities*, New York, Dover 1958 (reimpr.).
- BOUDOT, M. (1972): *Logique inductive et probabilité*. Paris. A. Colin.
- BRADBURY, S. (1968): *The Microscope, Past and Present*, Oxford, Oxford Univ. Press.
- BRAITHWAITE, R. B. (1953): *Scientific Explanation*. Cambridge. Cambridge Univ. Press.
- BRANNIGAN, A. (1981): *The Social Basis of Scientific Discoveries*. Cambridge. Cambridge Univ. Press.
- BRODY, B. & CAPALDI, N. (eds.). (1968): *Science, Methods and Goals*. New York. Benjamín.
- BRODY, Th. (ed.). (1970): *Readings in the Philosophy of Science*. Englewood Cliffs, N.Y. Prentice Hall.
- BUNGE, M. (1959): *Causality*. Cambridge, Mass., Harvard Univ. Press.
- BUNGE, M. (1963): *The Myth of Simplicity: Problems of Scientific Philosophy*. Englewood Cliffs-London. Prentice Hall.
- BUNGE, M. (1967): *Scientific Research*, 2 vols. Berlín. Springer.
- BUNGE, M. (1973): *Method, Model & Matter*. Dordrecht, Hol., Reidel.
- BUNGE, M. (1974s.): *Treatise of Basic Philosophy*. Dordrecht, Hol. Reidel.
- BUNGE, M. (ed.). (1973): *The Methodological Unity of Science*. Dordrecht, Hol. Reidel.
- CALLEBAUT, W. (1993): *Taking the Naturalistic Turn or How Real Philosophy of Science is Done*, Chicago, Univ. of Chicago Press.
- CAPPELETTI, V. y GRMEK, M. (eds.). (1982): *On Scientific Discovery*. Dordrecht. Reidel.
- CARNAP, R. (1923): *Der Logische Aufbau der Welt*. Berlín. Welkreis.
- CARNAP, R. (1935): "Fortnalwissenschaft und Realwissenschaft", *Erkenntnis* 5, pp. 35-36.
- CARNAP, R. (1934): *Logische Syntax der Sprache*. Viena. Springer.
- CARNAP, R. (1942): *Introduction to Semantics and Formalisation of Language*. Cambridge, Mass., Harvard Univ. Press.
- CARNAP, R. (1950): *Probability and Induction*. Chicago. Chicago Univ. Press.
- CARNAP, R. (1951): *The Nature and Application of Inductive Logic*. Chicago. Univ. of Chicago Press.
- CARNAP, R. (1951): *Logical Foundations of Probability*. Chicago. Chicago Univ. Press.
- CARNAP, R. (1952): *The Continuum of Inductive Methods*. Chicago. Univ. of Chicago Press.
- CARNAP, R. (1966): *Philosophical Foundations of Physics*. New York. Basic Books.
- CARTWRIGHT, N. (1983): *How the Laws of Physics Lie*, Oxford, Clarendon Press.
- CAUSEY, R.L. (1977): *Unity of Science*. Dordrecht, Reidel.
- COHÉN, M.R. y NAGEL, E. (1966): *An Introduction to Logic and Scientific Method*. London. Routledge & Kegan Paul.
- COHÉN, R. S., FEYERABEND, P. K. & WARTOFSKY, M. W(eds). (1976): *Essays in Memory of I. Lakatos*. Dordrecht. Reidel.
- COLODNY, R. (1965): *Beyond the Edge of Certainty*. Englewood Cliffs, N.J. Prentice Hall.
- COLODNY, R. (1970): *The Nature and Function of Scientific Theory*. Pittsburgh. Univ. of Pittsburgh Press.
- COLODNY, R. (1972): *Paradigms and Paradoxes*. Pittsburgh. Univ. of Pittsburgh Press.
- COLODNY, R. (ed.). (1970): *Mind and Cosmos: Explorations in the Philosophy of Science*. Pittsburgh. Univ. of Pittsburgh Press.
- COLODNY, R. (ed.). (1962): *Frontiers of Science and Philosophy*. Pittsburgh. Univ. of Pittsburgh Press.
- COLLINS, R. (1981): "Stages in the Empirical Program of Relativism", *Social Studies of Science*, 11.
- COLLINS, H.M. (ed.). (1982): *Sociology of Scientific Knowledge: A Sourcebook*. Bath, Avon. Bath Univ. Press.
- COLLINS, H. M. y PINCH, T. (1982): *Frames of Meaning: The Social Construction of Extraordinary Science*, Londres, Routledge and Kegan Paul.
- COLLINS, H. M. (1982): "An Empirical Relativist Programme in the Sociology of Scientific Knowledge", en K. Knorr-Cetina y M. Mulkay (eds.), *Science Observed*, pp. 93-95.
- QJRD, M. V. (1980): "The logic of discovery: an analysis of three approaches", en T. Nickles, 201-219.
- CHMIELECKA, E. (1982): "The context of discovery and justification: a reappraisal", en W. Krajewski (ed.), *Polish Essays in Philosophy of Natural Sciences*, Dordrecht, Reidel, 63-74.
- CHURCHLAND, P. M. & HOOKER, C. (eds.). (1985): *Images of Science*. Chicago. Univ. of Chicago Press.
- DESANTI, J.T. (1975): *La philosophie scientifique, ou critique des philosophes des sciences*. París. Seuil.
- DANTO, A. (1956): "On Explanation in History", *Philosophy of Science* 23, pp. 15-30.
- DAVENPORT, H. W. (1977): *Peirce's evolutionary explanation of laws of nature*, Phil. Diss., Univ. of Illinois at Urbana-Champaign.
- DIEMER, A., GELDSETZER, L. y ROTTER, F. (eds.). (1971): *Der Methoden-und Theorienpluralismus in den Wissenschaften*. Meisenheim. A. Hain.
- DILWORTH, Cr. (1981): *Scientific Progress*. Dordrecht, Hol., Reidel.

DOUGLAS, M. (ed.) (1982): *Essays in the Sociology of Perception*, Londres, Routledge & Kegan Paul.

DRAY, W. (1957): *Laws and Explanation in History*. Oxford. Oxford Univ. Press.

DRAY, W. H. (ed.). (1966): *Philosophical Analysis and History*. New York. Harper&Row.

DRETSKE, F. (1977): "Laws of Nature", *Philosophy of Science*, 44, pp. 248-268.

DUHEM, P. (13-7): *Le système du monde*, 10 vols.. reimpr. 1954-59. París. Hermann.

DUHEM, P. (1906): *La théorie physique, son objet et son structure*. París. Chevalier et Rivière.

DUHEM, P. (1969): *To Save the Phenomena*, trad. de E. Dolan y C. Maschler de Duhem 1908. Chicago. Chicago Univ. Press.

ECHVERRÍA, J. (1992): "Observations, Problems and Conjectures in Number Theory: the History of the Prime Number Theorem", en J. Echeverría, A. Ibarra y T. Mormann (eds.), *The Space of Mathematics*, Berlín: De Gruyter 1992, pp. 230-250.

ECHVERRÍA, J., IBARRA, A. y MORMANN, T. (1992b) (eds.), *The Space of Mathematics*, Berlín: De Gruyter.

ECHVERRÍA, J. (1995): "The four contexts of scientific activity", en W.E. Herfel, W. Krajewski, I. Niiniluoto & R. Wójcicki (eds.), *Theories and Models in Scientific Processes*, Poznan Studies in the Philosophy of The Sciences and the Humanities, vol. 44, Amsterdam, Rodopi, pp. 151-167.

ELKANA, Y. (ed.). (1974): *The interaction between Science and Philosophy*. Atlantic Highlands, N.J., Humanities Press.

ELSTER, J. (1983): *Explaining Technical Change. A Case Study in the Philosophy of Science*. Cambridge. Cambridge Univ. Press.

ENGFER, H. J. (1982): *Philosophie als Análisis*, Stuttgart-Bad Cannstatt, Frommann-Holzboog, 1982.

ESSLER, W. K. (70-9): *Wissenschaftstheorie*, 4 vols. Freiburg-München. K. Alber.

ESSLER, W. K., PUTNAM, H. y STEGMUELLER, W. (eds.). (1985): *Epistemology, Methodology and Philosophy of Science*. Dordrecht. Reidel.

FEIGL, H. (1970): "The "orthodox" view of theories: remarks in defense as well as critique", en M. Radner y S. Winokur (eds.), *Analyses of Theories and Methods of Physics and Psychology*, Minneapolis, University of Minnesota Press.

FEIGL, H. (1974): "Empiricism at bay? Revisions and a new defense", en R.S. Cohén y M.W. Wartofsky (eds.), *Methodological and Historical Essays in the Natural and Social Sciences*, Dordrecht, Reidel.

FEIGL, H. y G. MAXWELL (1961): *Current Issues in the Philosophy of Science*. Holt, Rinehart & Winston, New York.

FEIGL, H. y G. MAXWELL (1962): *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, Vol III. Univ. of Minnesota Press, Minneapolis.

FEIGL, H. y M. SCRIVEN (1956): *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, Vol I. Univ. of Minnesota Press, Minneapolis.

FEIGL, H., M. SCRIVEN y G. MAXWELL (1958): *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, Vol. II. Univ. of Minnesota Press, Minneapolis.

FEYERABEND, P. K. (1970): *Against Method*. Minneapolis. Minnesota Studies for the Philosophy of Science, vol. 4.

FEYERABEND, P. K. (1975): *Against Method*, London: NLB.

FEYERABEND, P. K. (1978): *Science in a Free Society*, London: NLB.

FEYERABEND, P. K. (1979): *Rationalism and the Rise of Science*. London. Cambridge Univ. Press.

FEYERABEND, P. K. (1981): *Philosophical Papers, I; Realism, Rationalism and the Scientific Method*. Cambridge. Cambridge Univ. Press.

FEYERABEND, P. K. (1981): *Philosophical Papers, II: Problems of Empiricism*. Cambridge. Cambridge Univ. Press.

FEYNMAN, P-R. B. LEIGHTON-M. SANDS (1963): *The Feynman Lectures on Physics*. Vol. I, II, III. Addison-Wesley, Reading/Massachusetts.

FEYNMANN, R. (1965): *The Character of Physical Law*, Cambridge, Mass., MIT Press.

FINOCHIARO, M. A. (1979): "On the Importance of Philosophy of Science for History of Science", *S'ntese* 42, pp. 411-441.

FINOCHIARO, M. A. (ed.) (1980): *Galiileo and the art of reasoning: rhetorical foundations of logic and scientific method*, Boston Studies in the Philosophy of Science N. 61.

FLECK, L. (1979): *Génesis and Development of a Scientific Fact*. Chicago. Chicago Univ. Press.

FRAASEN, B. C. van (1980): *The Scientific Image*. Oxford. Oxford Univ. Press.

FRAASEN, B. C. van (1989): *Laws and Symmetry*. Clarendon Press, Oxford.

FRANK, P. (1957): *Philosophy of Science: the Link between Science and Philosophy*. Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall.

FREUDENTHAL, H. (ed.). (1961): *The Concept and the Role of the Model in Mathematics and Natural and Social Sciences*. Dordrecht, Hol., Reidel.

FUCHS, S. (1992): "Relativism and Reflexivity in the Sociology of Scientific Knowledge", en G. Ritzer (ed.), *Metatheorijróg*, Londres, Sage.

GADAMER, H.G. (1976): *Vernunft im Zeitalter der Wissenschaft*. Frankfurt. Suhrkamp.

GARDINER, P. (1952): *The Nature of Historical Explanation*. London. Oxford Univ. Press.

GARFINKEL, H. (1982): *A manual for the study of naturally organized ordinary activities*, Londres, Routledge & Kegan Paul.

GASTÓN, J. (ed.). (1978): *The Sociology of Science: Problems, Approaches and Research*. San Francisco. Jossey-Bass.

GIEDYMIN, J. (1982): *Science and Convention: Essays on H. Poincare's Philosophy of Science and the Conventionalist Tradition*. London. Pergamon Press.

GIERE, R. N. (1979): *Understanding Scientific Reasoning*. New York. Holt, Rinehart & Winston.

GIERE, R. N. (1985): "Philosophy of Science Naturalized". *Philosophy of Science* 52, pp. 331-357.

GIERE, R. N. (1988): *Explaining Science. A cognitive Approach*, Chicago, University of Chicago Press.

GINGERICH, O. (ed.). (1975): *The Nature of Scientific Discovery*. Washington. Smithsonian Institute.

GLYMOUR, C. I. (1980): *Theory and Evidence*. Princeton, N.J., Princeton Univ. Press.

GOLDMANN, A. (1980): *Epistemology and Cognition*, Cambridge, Harvard Univ. Press, 1980.

GOLDMANN, A. (1983): "Epistemology and the theory of problem solving", *Synthese* 55, 21-48.

GOODING, D. (1992): "Putting Agency Back into Experiment", en A. Pickering (1992).

GOODMAN, N. (1951): *The Structure of Appearance*, Dordrecht, Reidel.

GOODMAN, N. (1955): *Fact, Fiction and Forecast*. Cambridge. Harvard Univ. Press.

GORMAN, M. E. (1992): *Simulating Science. Heuristics, Mental Models and Technoscientific Thinking*, Bloomington, Indiana Univ. Press.

- GRMEK, M. D., COHÉN, R. S. & CIMINO, G. (eds.). (1981): *On Scientific Discovery*. Dordrecht. Reidel.
- GUTTING, G. (ed.). (1980): *Paradigms and Revolutions: Appraisal and Applications of Thomas Kuhn's Philosophy of Science*. Notre Dame, Ind., Univ. of Notre Dame Press.
- GUTTING, G. (1980): "The logic of invention", en T. Nickles, 221-234.
- HACKING, I. (1983): *Representing and Intervening: Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*. Cambridge. Cambridge Univ. Press.
- HAGSTROM, W. C. (1965): *The Scientific Community*. New York. Basic Books.
- HANSON, N. R. (1958): *Patterns of Discovery: an Inquiry into the Conceptual Foundations of Science*. Cambridge, Cambridge Univ. Press.
- HANSON, N. R. (1961): "Is there a Logic of Scientific Discovery?", en Feigl y Maxwell (eds.), *Current Issues in the Philosophy of Science*, New York, Holt, Rinehart & Winston.
- HANSON, N. R. (1971): "The idea of a logic of discovery", en N.R. Hanson, *What I do not believe and other essays*, Dordrecht, Reidel.
- HANSON, N. R. (1972): *Observation and Explication: a Guide to the Philosophy of Science*. London. Allen&Unwin.
- HANSON, N. R. (1973): *Constellations and Conjectures*. Dordrecht. Reidel.
- HARDING, S. G. (ed.). (1976): *Can Theories Be Refuted? Essays in the Duhem-Quine Thesis*. Dordrecht, Hol., Reidel.
- HARDING, S. (1986): *The Science Question in Feminism*, Milton Keynes, Open Univ. Press.
- HARDING, S. (1991): *Whose Science? Whose Knowledge? Thinking from Women's Lives*, Buckingham, Open Univ. Press.
- HARRE, R. (1960): *An Introduction to Logic of the Sciences*. London. Mac Millan.
- HARRE, R. (1972): *The Philosophy of Science: an Introductory Survey*. London. Oxford Univ. Press.
- HARRIS, E. E. (1970): *Hypothesis and Perception. The Roots of Scientific Method*. London-New York, Allen&Unwin-Humanities Press.
- HEATH, A. F. (ed.). (1981): *Scientific Explanation*. Oxford. Oxford Univ. Press.
- HELMHOLTZ, H. (1882): *Ueber die Erhaltung der Kraft*, Leipzig.
- HEMPEL, C. (1942): "The Function of General Laws in History". *Journal of Philosophy* 39, pp. 35-48.
- HEMPEL, C. G. (1966): *Philosophy of Natural Science*. Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall.
- HEMPEL, C. G. (1965): *Aspects of Scientific Explanation and Other Essays in the Philosophy of Science*. New York. Free Press.
- HEMPEL, C. G. (1962): "Deductive-Nomological versus Statistical Explanation". en Feigl & Maxwell 1962, pp. 98-170.
- HEMPEL, C. G. (1969): *On the Structure of Scientific Theories*. East Lansing. Michigan State Univ. Press.
- HENKIN, L., SUPPES, P. y TARSKI, A. (eds.). (1959): *The Axiomatic Method with Special References to Geometry and Physics*. Amsterdam. North Holland.
- HESSE, M. B. (1974): *The Structure of Scientific Inference*, 2ª ed.. London. Mac Millan.
- HESSE, M. B. (1963): *Models and Analogies in Science*. London. Sheed & Ward y Notre Dame. Univ. of Notre Dame Press (2a. ed. 1966)
- HESSE, M. B. (1965): *Forces and Fields*, Totowa, N.J.: Little-field. Adams.
- HESSE, M. B. (1980): *Revolutions and Reconstructions in the Philosophy of Science*. Brighton. Harvester Press.
- HILBERT, D. (1930): *Grundlagen der Geometrie*. Leibniz. Teubner, 7ª ed..
- HINTIKKA, J. y SUPPES, P. (eds.). (1966): *Aspects of Inductive Logic*. Amsterdam. North Holland.
- HINTIKKA, J. (ed.). (1975): *Rudol/Carnap, Logical Empirist. Materials and Perspectives*. Dordrecht, Hol., Reidel.
- HOLTON, G. (1978): *The Scientific Imagination: Case Studies*. Cambridge. Cambridge Univ. Press.
- HOYNINGEN-HUENE, P. (1987): "Context of Discovery and Context of Justification", *Studies of the History and Philosophy of Science* 18:4, 501-515.
- HULL, L. W. H. (1959): *History and Philosophy of Science*, Longmans. Green.
- HUME, D. (1888): *A Treatise on Human Nature* (ed. L. A. Selby-Bigge), Oxford.
- IBARRA, A. y MORMANN, T. (1992): "L'explication en tant que généralisation théorique", *Dialéctica*, 46, pp. 151-178.
- JACIENBERG, T. (1983): *The Social Construction of Science*. Dordrecht. Reidel.
- KAHL, R. (ed.). (1963): *Studies in Explanation: a Reader in the Philosophy of Science*. Englewood Cliffs. Prentice Hall.
- KATZ, J. (1962): *The Problem of Induction and its Solution*. Chicago. Univ. of Chicago Press.
- KEMENY, J. G. (1959): *A Philosopher looks at Science*. Princeton. Van Nostrand.
- KITCHER, P. (1993): *The Advancement of Science*. Oxford, Oxford Univ. Press.
- KITCHER, Ph. and W. C. SALMON (eds.) (1989): *Scientific Explanation*, Minneapolis, Univ. of Minnesota Press.
- KNEALE, W. (1949): *Probability and Induction*. Oxford. Clarendon Press.
- KNEALE, W. C. (1950): "Natural Laws and Contrary-to Fact Conditionals", *Análisis* 10, reimpr. en T. L. Beauchamp (ed.), *Philosophical Problems of Causation*, Belmont, Dickenson 1974.
- KNEALE, W. C. (1961): "Universality and Necessity", *British J. for the Philosophy of Science* 12, reimpr. en *Ibid*.
- KNORR-CETINA, K.D. (1981): *The Manufacture of Knowledge: An Essay on the Constructivist and Contextual Nature of Science*. Oxford. Pergamon.
- KNORR-CETINA, K. D. y MULKAY, M. J. (eds.). (1982): *Science Observed*. Beverly Hills. Sage.
- KNORR-CETINA, K. D., KROHN, R. y WHITLEY, R. D. (eds.). (1980): *The Social Process of Scientific Investigation*. Dordrecht. Reidel.
- KOERNER, St. (ed.). (1975): *Explanation*. Oxford. Blackwell.
- KORDIG, C. R. (1978): "Discovery and justification", *Philosophy of Science* 45, 110-117.
- KRAJEWSKI, W. (1977): *The Correspondence Principle and the Growth of Science*. Dordrecht, Hol., Reidel.
- KRANTZ, D. H., LUCE, R. D., SUPPES, P. y TVERSKI, A. (1971): *Foundations of Measurement*. New York-London. MacMillan.
- KRIGE, J. (1980): *Science, Revolution and Discontinuity*. Brighton. Harvester Press.
- KRIPKE, S. A. (1971): *Naming and Necessity*, Oxford, Blackwell.
- KRUEGER, L. (ed.). (1970): *Erkenntnisprobleme der Naturwissenschaften*. Köln-Berlin. Kiepenhur & Witsch.
- KUHN, T. S. (1957): *The Copernican Revolution*. Cambridge. Harvard Univ. Press.
- KUHN, T. S. (1962): *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago. Univ. of Chicago Press, 2ª ed. 1970.

- KUHN, T. S. (1970): "Reflections on My Crises", en Lakatos-Musgrave 1970, pp. 231-278.
- KUHN, T. S. (1972): "The Function of Dogma in Scientific Research", en Barnes 1972.
- KUHN, T. S. (1974): "Second Thought on Paradigms", en Suppe 1974.
- KUHN, T. S. (1976): "Theory-Change as Structure-Change: Comments of the Sneed Formalism", *Erkenntnis* 10, pp. 179-199.
- KUHN, T. S. (1977): *The Essential Tension*. Chicago. Univ. of Chicago Press.
- KUHN, T. S. (1978): *Black Body Theory and the Quantum Discontinuity 1894-1912*. Oxford. Clarendon Press.
- KUHN, T. S. (1980): "The Halt and the Blind: Philosophy and History of Science". *British Journal for the Philosophy of Science* 31, pp. 181-192.
- KUHN, T. S. (1983): "Rationality and Theory Choice", *Journal of Philosophy* 80, pp. 563-570.
- KUHN, T. S. (1983): *What are Scientific Revolutions?*, Occasional Paper 18, Center for Cognitive Science, MIT.
- KYBURG, H. E. (1984): *Theory and Measurement*. Cambridge. Cambridge Univ. Press.
- LAKATOS, I. (1978): *The Methodology of Scientific Research. Philosophical Papers*, vol. I (ed. J. Whorvall y G. Currie). Cambridge. Cambridge Univ. Press.
- LAKATOS, I. (1978): *Mathematics, Science and Epistemology. Philosophical Papers*, vol. II. Cambridge. Cambridge Univ. Press.
- LAKATOS, I. (1976): *Proofs and Refutations* (ed. E. Zahar). London. Cambridge Univ. Press.
- LAKATOS, I. (1968): "Criticism and the Methodology of Scientific Research Programmes". *Proceedings of the Aristotelian Society* 69, pp. 149-186.
- LAKATOS, I. (1970): "Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes". en Lakatos-Musgrave 1970, pp. 91-196.
- LAKATOS, I. (1971): "History and its Rational Reconstruction". en Buck and Cohén 1971, pp. 91-136.
- LAKATOS, I. y MUSGRAVE, A. (eds.). (1965): *Problems in the Philosophy of Science*. Amsterdam. North Holland, 1 ed. 1968.
- LAKATOS, I. y MUSGRAVE, A. (eds.). (1970): *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge. Cambridge Univ. Press.
- LANGLEY, P., SIMON, H. A., BRADSHAW, G.L. y ZITKOW, J. M. (1987): *Scientific discovery: Computational explorations of the creative processes*, Cambridge, MIT Press.
- LATOUR, B. (1987): *Science in Action*. Open Univ. Press, Buckingham.
- LATOUR, B. y WOOLGAR, S. (1986): *Laboratory Life. The Construction of Scientific Facts*, Princeton, Princeton Univ. Press, 2ª ed.
- LAUDAN, L. (1977): *Progress and its Problems: towards a Theory of Scientific Growth*. Berkeley. Univ. of California Press.
- LAUDAN, L. (1980): "Why was the logic of discovery abandoned?", en T. Nickles, 173-183.
- LAUDAN, L. (1981): *Science and Hypothesis*. Dordrecht, Hol., Reidel.
- LAUDAN, L. (1981): "The pseudo-science of science?", en *Philosophy of the Social Sciences*, 11, pp. 173-198.
- LAUDAN, L. (1984): *Science and Values*, Berkeley, Univ. of California Press.
- LAUDAN, L. (1990): *Science and Relativism*, Chicago, Univ. of Chicago Press.
- LEIBNIZ, G. W. (1960-1): *Philosophische Schriften*, Hildesheim, Olms, 7 vols.
- LENAT, D. (1982): "AM: An artificial intelligence approach to discovery in mathematics as heuristic search", en R. Davis y D. Lenat (eds.), *Knowledge based systems in artificial intelligence*, New York, McGraw Hill.
- LEVI, I. (1980): *The Enterprise of Knowledge*, Cambridge, MIT Press, 1980.
- LEVINSON, P. (ed.). (1982): In *Pursuit of Truth: Essays in Honour of Popper's 80 Birthday*. New York. Humanities Press.
- LEWIS, D. (1973): *Counterfactuals*. Cambridge, Mass. Harvard Univ. Press.
- LEWIS, D. (1984): "Putnam's Paradox", *Australasian Journal of Philosophy* 62, pp. 221-236.
- LEWIS, D. K. (1983 y 1986): *Philosophical Papers*, 2 vols., New York, Oxford University Press.
- LOCKE, J. (1990): Questions concerning *the Law of Nature*, Cornell Univ. Press.
- LONGINO, H.E. (1990): *Science as Social Knowledge. Values and Objectivity in Scientific Inquiry*, Princeton, Princeton Univ. Press.
- LYNCH, M., LIVINGSTON, E. y GARFINKEL, H. (1983): "Temporal order in laboratory work", en K. Knorr-Cetina y M. Mulkay (eds.), *Science Observed*, Londres, Sage.
- LYNCH, M. (1985): *Art and Artifact in Laboratory Science*, Londres, Routledge & Kegan Paul.
- LYNCH, M. y WOOLGAR, S. (eds.) (1990): *Representation in Scientific Practice*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- MACH, E. (1905): *Erkenntnis und Irrtum*, 5ª ed. 1968. Darmstadt. Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- MACKIE, J. L. (1974): *The Cement of the Universe*, Oxford, Oxford University Press.
- MACRAE, R. (1985): "Miracles and Laws", en K. Okruhlik and J. R. Brown (eds.), *The Natural Philosophy of Leibniz*, Dordrecht, Reidel.
- MANNINEN, J. & TUOMELA, R. (eds.) (1976): *Essays on Explanation and Understanding*, Dordrecht, Reidel.
- MASTERS, R. D. (1993): *Beyond Relativism. Science and Human Values*, Hanover, Univ. Press of New England.
- McGUINNES, B. F. (1987): *Unified Science*, Dordrecht, Reidel.
- McLAUGHLIN, R. (1982): "Invention and induction: Laudan, Simón and the logic of discovery", *Philosophy of Science* 49, 198-211.
- McMULLIN, E. (1979): "Laudan's Progress and its Problems", *Philosophy of Science* 46, pp. 623-644.
- McMULLIN, E. (1988): "The Shaping of Scientific Rationality", en E. McMullin (ed.), *Construction and Constraint*, Notre Dame, Univ. of Notre Dame Press.
- MEDAWAR, P. B. (1967): *The Art of Soluble*, London: Methuen.
- MEDAWAR, P. B. (1969-0): *Induction and Intuition in Scientific Thought*. Philadelphia. American Philosophical Society.
- MERTON, R. K. (1957): *Social Theory and Social Structure*. The Free Press, Glencoe 111..
- MERTON, R. K. (1973): *The Sociology of Science*. The Free Press, New York
- MERTON, R. K. (1938): *Science, Technology and Society in Seventeenth Century England*. New York. Fertig, 2ª ed. 1970.
- MEYERSON, E. (1912): *Identité et Réalité*, París, Alean, seg. ed.
- MILL, J. S. (1843/65): *A System of Logic: Ratiocinative and Inductive* (6ª. ed.) Logmans, Green.
- MOLNAR, G. (1969): "Knesale's Argument Revisited", *Philosophical Review*, reimpr. en T. L. Beauchamp (ed.), *Philosophical Problems of Causation*, Belmont, Dickenson, 1974.
- MOORE, G.E. (1903): *Principia Ethica*, Cambridge, Cambridge Univ. Press.
- MOORE, J. H., DAVIS, Ch. C. Davis y COPLAN, M. A. (1989): *Building Scientific Apparatus*, Redwood, Addison-Wesley.
- MORGENBESSER, S. (1967): *Philosophy of Science Today*. New York. Basic Books.

MORGENBESSER, S., SUPPES, P. y WHITE, M. (eds.)- (1969): *Essays in Honor of Ernst Nagel: Philosophy, Science and Method*. New York. St. Martin's.

MOULINES, C. U. (1983): "On How the Distinction between History and Philosophy of Science should not be drawn", *Erkenntnis* 19, pp. 285-296.

MULKAY, M. J. (1980): *Science and the Sociology of Knowledge*. London. Alien & Unwin.

MULKAY, M. J. & GILBERT, G. N. (1981): "Putting Philosophy to Work: K. Popper's Influence on Scientist Practice", *Phil. Soc. Sci.* 11, pp. 389-407.

MUNDY, B. (1986): "On the general theory of meaningful representador!", *Synthese*, 67, pp. 391-437.

MUNSAT, S. (ed.). (1971): *The Analytic-Synthetic Distinction*. Belmont, Cal., Wadsworth.

MUSGRAVE, A. E. (1971): "Kuhn's Second Thoughts", *British Journal for the Philosophy of Science* 22, pp. 267-306.

NAGEL, E. (1954): *Sovereign Reason*. New York. Free Press.

NAGEL, E. (1961): *The Structure of Science*. New York. Harcourt & Brace.

NELSON, L.H. (1990): *Who Knows: from Quine to a Feminist Empiricism*, Philadelphia, Temple Univ. Press.

NEWTON-SMITH, W. H. (1981): *The Rationality of Science*. Boston. Routledge & Kegan Paul.

NICKLES, Th. (1980): *Scientific Discovery: Case Studies*. Dordrecht, Hol., Reidel.

NICKLES, T. (ed.). (1980): *Scientific Discovery, Logic and Rationality*. Dordrecht. Reidel.

NIDDITCH, P. H. (ed.). (1969): *The Philosophy of Science*. Oxford. Oxford Univ. Press.

NIINILUOTO, I. (1985): *Is Science Progressive?*. Dordrecht. Reidel.

NIINILUOTO, I. y TUOMELA, R. (eds.). (1973): *Theoretical Concepts and Hypothetico-inductive inference*. Dordrecht, Hol., Reidel.

NIINILUOTO, I. y TUOMELA, R. (eds.). (1979): *The Logic and Epistemology of Scientific Change*. Amsterdam. North Holland.

PAP, A. (1962): *An Introduction to Philosophy of Science*. New York. Free Press.

PAZZANI, M. J. y FLOWERS, M. (1990): "Scientific Discovery in the Layperson", en Schragger y Langley (eds.), 403-435.

PEIRCE, C.S. (1960): *Collected Papers*, 6 vols.. Cambridge, Mass. Harvard Univ. Press.

PIAGET, J. (ed.). (1967): *Logique et connaissance scientifique*. París. Gallimard.

PICKERING, A. (1992): "From Science as Knowledge to Science as Practice", en A. Pickering (ed.), *Science as Practice and Culture*, Chicago and London, University of Chicago Press, pp. 1-26.

PICKERING, A. (ed.) (1992): *Science as Practice and Culture*, Chicago and London, University of Chicago Press

PIETARINEN, J. (1972): *Lawlikeness, Analogy and Inductive Logic*. Amsterdam. North Holland.

PITT, J.C. (1981): *Pictures, Images and Conceptual Change*. Dordrecht, Hol., Reidel.

POINCARÉ, H. (1902): *La science et l'hypothèse*. Paris. Alean.

POINCARÉ, H. (1948): *La valeur de la science*. Paris. Flammarion.

POLANYI, M. (1960): *Personal Knowledge: Towards a Post-critical Philosophy*. New York. Harper & Row.

POLYA, G. (1968): *Patterns of plausible inference*, Princeton, Princeton Univ. Press.

POPPER, K. (1969): *The Logic of Scientific Discovery*. London. Hutchinson.

POPPER, K. (1979): *Die Beiden Grundprobleme der Erkenntnistheorie*. Tübingen. Mohr.

POPPER, K. (1979): *Truth, Rationality and the Growth of Scientific Knowledge*. Bonn. Klostermann.

POPPER, K. (1983): *Postscript to the Logic of Scientific Discovery. I: Realism and the Aim of Science* (ed. W.W. Bartley III). London. Hutchinson.

POPPER, K. (1983): *Postscript to the Logic of Scientific Discovery, II: The Open Universe. An Argument for Indeterminism*. London. Hutchinson.

POPPER, K. (1982): *Postscript to the Logic of Scientific Discovery, III: Quantum Theory and the Schism in Physics*. London. Hutchinson.

POPPER, K. R. (1934): *Logik der Forschung*. Viena. Springer.

POPPER, K. R. (1950): *The Open Society and its Enemies*. Princeton. Princeton Univ. Press.

POPPER, K. R. (1950): *Conjectures and Refutations: the Growth of Scientific Knowledge*, 2^a ed. New York. Basic Books.

POPPER, K. R. (1972): *Objective Knowledge*. Oxford. Clarendon Press.

PUTNAM, H. (1975): *Mathematics, Matter and Method*. Philosophical Papers, vol. I. Cambridge. Cambridge Univ. Press.

PUTNAM, H. (1975): *Mind, Language and Reality*. Philosophical Papers, vol. II. New York. Cambridge Univ. Press.

PUTNAM, H. (1981): *Reason, Truth and History*. London. Cambridge Univ. Press.

PUTNAM, H. (1988): *Representaron and Reality*, Cambridge, Mass., MIT Press.

QUINE, W. V. O. (1951): "Two Dogmas of Empiricism", *Philosophical Review* 60, pp. 20-43.

QUINE, W. V. O. (1953): *From a Logical Point of View*. Cambridge. Harvard Univ. Press, T- ed. 1966.

QUINE, W. V. O. (1981): *Theories and Things*. Cambridge, Mass., Harvard Belknap Press.

RADNITZKY, G. (1987): "The Economics of Scientific Progress", *Annals of the Japan Association for Philosophy of Science*, 7:2, pp. 85-99.

RADNITZKY, G. y ANDERSSON, G. (eds.). (78-9): *The Structure and Development of Science. Progress and Rationality in Science*, 2 vols. Dordrecht, Hol., Reidel.

REICHENBACH, H. (1938): *Experience and Prediction*. Chicago. Univ. of Chicago Press.

REICHENBACH, H. (1951): *The Rise of Scientific Philosophy*. Berkeley. Univ. of California Press.

REICHENBACH, H. (1954): *Nomological Statements and Admissible Operations*, Amsterdam, North Holland.

REICHENBACH, H. (1978): *Selected Writings (1909-1952)*, trad. de E. H. Schneewind, 2 vols. Dordrecht, Hol., Reidel.

REICHENBACH, H. (1970): *Scientific Explanation*. New York. Free Press.

REICHENBACH, H. (1954): *Nomologica! Statements and Admissible Operations*. Amsterdam. North Holland.

RESCHER, N. (1970): *Scientific Explanation*. New York. Free Press.

RESCHER, N. (1980): *Induction: an Essay on the Justification of Inductive Reasoning*. Oxford. Blackwell.

RESCHER, N. (ed.). (1983): *The Limits of Lawfulness*. Laudam, Md. Univ. Press of America.

RESCHER, N. (1993): *A System of Pragmatic Idealism. Vol. II: The Validity of Values*, Princeton, Princeton Univ. Press.

RESNIK, D. R. (1993): *Do Scientific Aims Justify Methodological Rules?*, *Erkenntnis* 38, pp. 223-232.

RICHARDS, S. (1983): *Philosophy and Sociology of Science: An introduction*. Oxford. Blackwell.

- WALLACE, W. A. (72-4): *Causality and Scientific Explanation*, 2 vols. Ann Arbor. Univ. of Michigan Press.
- WARTOFSKY, M. W. (1968): *Conceptual Foundations of Scientific Thought: an Introduction to the Philosophy of Science*. New York. Mac Millan.
- WARTOFSKY, M. W. (1979): *Models. Representation and the Scientific Understanding*. Dordrecht, Hol, Reidel.
- WESSELS, (1974): "Laws and Meaning Postulates (in van Fraassen's View of Theories)", Boston *Studies in the Philosophy of Science* 32, pp. 215-234.
- WHITEHEAD, A. N. (1959): *Science and the Modern World*. New York. New American Library.
- WHITEHEAD, A. N y RUSSELL, B. (10-3): *Principia Mathematica*. Cambridge. Cambridge Univ. Press.
- WILSON, F. (1985): *Explanation, Causation and Deduction*. Dordrecht. Reidel.
- WITTGENSTEIN, L. (1922): *Tractatus Logico-Philosophicus*, segunda edición en London: Routledge & Kegan Paul.
- WITTGENSTEIN, L. (1958): *The Blue and Brown Books*, ed. por R. Rhees. Oxford. Blackwell.
- WITTGENSTEIN, L. (1967): *The Philosophical Investigations*, trad. de G.M. Anscombe. Oxford. Blackwell.
- WITTGENSTEIN, L. (67s.): *Werke. Schriften*, 7 vols. Frankfurt. Suhrkamp.
- WOOLGAR, S. (1982): "Laboratory Studies. A Comment on the State of the Art", *Social Science Studies*, 12.
- WRIGHT, G. H. von. (1951): *A Treatise on Induction and Probability*. London. Routledge & Kegan P.
- WRIGHT, G. H. von. (1957): *The Logical Problem of Induction*. New York. Mac Millan.
- WRIGHT, G. H. von. (1971): *Explanation and Understanding*. London. Routledge & Kegan P.
- ZAHAR, E. (1983): "Logic of discovery or psychology of invention?", *British Journal for the Philosophy of Science* 34, 243-261.
- ZIMAN, J. (1978): *Reliable Knowledge. An Exploration of the Ground for Belief in Science*. Cambridge. Cambridge Univ. Press.
- ZIMAN, J. (1984): *An Introduction to Science Studies: the Philosophical and Social Aspects of Science and Technology*. Cambridge. Cambridge Univ. Press.

BIBLIOGRAFÍA EN ESPAÑOL SOBRE FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

- ADORNO, Th., POPPER, K. R. y otros (1973): *La disputa del positivismo en la sociología alemana*, trad. de J. Muñoz. Barcelona. Grijalbo.
- ÁLVAREZ, S., BRONCANO, F. y QUINTANILLA, M. A. (eds.). (1986): *Filosofía e Historia de la Ciencia* (vol.I) y *Lógica y Filosofía del Lenguaje* (vol.II). Salamanca. Univ. de Salamanca.
- ARISTÓTELES (1982 y 1988): *Organon, Analíticos*, ed. española en Madrid, Gredos, 1982 y 1988, 2 vols.
- AYER, A. J. (ed.). (1965): *El positivismo lógico*. México. Fondo de Cultura Económica.
- AYER, A. J. (1971): *Lenguaje, verdad y lógica*, Barcelona: Martínez Roca.
- BACON, Fr. (1979): *Novum Organum*, Barcelona, Fontanella.
- BARNES, B. (1980): *Estudios sobre sociología de la ciencia*, trad. de Barnes 1974. Madrid. Alianza.

- BARNES, B. (1987): *Sobre la ciencia*, Barcelona, Labor 1987.
- BAR-HILLEL y otros (1983): *Ej pensamiento científico: conceptos, avances y métodos*, trad. de J. Ezquerro y M.A. Quintanilla. Madrid. Tecnos.
- BERNAL, J. D. (1967): *Historia social de la ciencia*, Barcelona. Península.
- BERNAL, J. D. (1979): *La ciencia en la historia*, México, Nueva Imagen.
- BLACK, M. (1966): *Modelos y metáforas*, trad. de V. Sánchez de Zavala de Black 1962. Madrid. Tecnos.
- BLACK, M. (1979): *Inducción y probabilidad*, Madrid: Cátedra.
- BLASCO, J. L. et alia (1973): *Filosofía y ciencia en el pensamiento español contemporáneo (1960-70)*. Simposio de Lógica y Filosofía de la Ciencia. Madrid. Tecnos.
- BLASCO, J. L.(1984): *Significado y Experiencia*. Barcelona, Península.
- BLASCO, J. L. et al. (1973): *Filosofía y Ciencia en el Pensamiento Español Contemporáneo [1960-1970]*. *Simposio de Lógica y Filosofía de la Ciencia*. Madrid, Tecnos.
- BOOLE, G. (1982): *Investigación sobre las leyes del pensamiento*, Madrid, Paraninfo.
- BOUDOT, M. (1979): *Lógica inductiva y probabilidad*, trad. de L. González Pazos de Boudot 1972. Madrid. Paraninfo.
- BRAITHWAITE, R. B. (1965): *La explicación científica*, trad. de Víctor Sánchez de Zavala de Braithwaite 1953. Madrid. Tecnos.
- BROWN, H. I. (1983): *La nueva filosofía de la ciencia*, trad. de G. Solana y H. Marraud de Brown 1977. Madrid. Tecnos.
- BUNGE, M. (1966): *La ciencia: su método y su filosofía*. Buenos Aires. Siglo XXI.
- BUNGE, M. (1969): *La investigación científica: su estrategia y su filosofía*, trad. de Manuel Sacristán de Bunge 1967. Barcelona. Ariel.
- BUNGE, M. (1972): *El principio de causalidad en la ciencia moderna*, trad. de H. Rodríguez de Bunge 1959. Buenos Aires. Eudeba.
- BUNGE, M. (1973): *La ciencia: su método y su filosofía*. Buenos Aires. Siglo Veinte.
- BUNGE, M. (1975): *Teoría y realidad*. Barcelona. Ariel.
- BUNGE, M. (1985): "Realismo y antirrealismo en la filosofía contemporánea", *Arbor* 473. pp. 13-40.
- BUNGE, M. (1985): *Seudociencia e ideología*. Madrid. Alianza.
- BUNGE, M. et alia (1977): *Las teorías de la Causalidad*, trad. de M.A. Quintanilla. Salamanca. Sigüeme.
- CARNAP, R. (1963): *Filosofía y sintaxis lógica*, trad. de C.N. Molina de Carnap 1934. México. UNAM.
- CARNAP, R. (1969): *Fundamentación lógica de la Física*, trad. de N. Míguens. Buenos Aires. Sudamericana.
- CASAN, P. (1984): *Corrientes actuales de filosofía de la ciencia*, Valencia: ÑAU.
- COHÉN, M. R. y NAGEL, E. (1968): *Introducción a la lógica y al método científico*, trad. de Cohen-Nagel 1966, 2 vols. Buenos Aires. Amorrortu.
- COULON, A. (1988): *La etnometodología*, Madrid, Cátedra.
- CHALMERS, A. F. (1982): *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?*, Madrid. Siglo XXI.
- CHALMERS, A. F. (1992): *La ciencia y cómo se elabora*, Madrid, Siglo XXI.
- DESCARTES, R. (1989): *El Mundo: Tratado de la Luz*, trad. Salvio Turró, Barcelona: Anthropos.
- DEWEY, J. (1948): *La experiencia y la naturaleza*, trad. de J. Gaos de Dewey 1925. México. Fondo de Cultura Económica.
- DEWEY, J. (1950): *Lógica: teoría de la investigación*, trad. de E. Imaz de Dewey 1938. México. FCE.

- DORADO, R. y otros (1991): *Ciencia, Tecnología e Industria en España*, Madrid, Fundesco.
- DOUGLAS, M. (1978): *Símbolos naturales*, Madrid, Alianza.
- ECHEVARRÍA, J.R. (1970): *El criterio de falsabilidad en la epistemología de K.R. Popper*. Madrid. G. del Toro.
- ECHEVERRÍA, J. (1985): "Consideraciones sobre una Semiología de la Ciencia", *Crítica* XVII:51, pp. 71-96.
- ECHEVERRÍA, J. (1987): *Análisis de la identidad*. Barcelona. Granica.
- ECHEVERRÍA, J. (1988): "Teorías Científicas y Sistemas de Signos (La concepción estructural y la lingüística matemática)", en *Actas del 111 Congreso de Lenguajes Naturales y Lenguajes Formales* (ed. C. Martín Vide), Universitat de Barcelona, vol. III. 1, pp. 83-94.
- ECHEVERRÍA, J. (1988b): "Unidad de la Ciencia y concepción estructural", en W. González (ed.), *Aspectos metodológicos de la investigación científica*, Publicaciones de la Universidad de Murcia, Murcia, pp. 287-302.
- ECHEVERRÍA, J. (1989): *Introducción a la metodología de la ciencia. La filosofía de la ciencia en el siglo XX*, Barcelona, Barcanova.
- ECHEVERRÍA, J. (1993): "El concepto de ley científica", en C.U. Moulines (ed.), *La ciencia: estructura y desarrollo*, Madrid, Editorial Trotta/CSIC/Quinto Centenario, *Enciclopedia Iberoamericana de Filosofía*, vol. 4, pp. 57-88.
- ECHEVERRÍA, J. (1993b): "Teorías matemáticas y concepción estructural", *Actas del I Congreso de la Sociedad de Lógica, Metodología y Filosofía de la Ciencia en España*, Madrid, UNED, pp. 321-324.
- ECHEVERRÍA, J. (1994): "La influencia de las matemáticas en la emergencia de la filosofía moderna", en E. de Olaso (ed.), *Del Renacimiento a la Ilustración I*, *Enciclopedia Iberoamericana de Filosofía*, Madrid, CSIC, pp. 77-109.
- ECHEVERRÍA, J. (1994b): "Crítica a la distinción entre contexto de descubrimiento y contexto de justificación: una propuesta alternativa", *Revista Latinoamericana de Filosofía*, XX-2, pp. 283-302.
- ECHEVERRÍA, J. (1994C): "Críticas al Círculo de Viena", en M. García Doncel y otros, *Filosofía de la Ciencia Hoy*, Barcelona, Ed. Cristianisme i Justicia, pp. 17-27.
- ECHEVERRÍA, J. (1995b): "Leibniz contra Kuhn: problemas del relativismo científico", *Revista de Occidente* 169, pp. 55-70.
- ECHEVERRÍA, J. (por aparecer): "El pluralismo axiológico de la ciencia", *Isegoría*.
- ESQUIVEL, J. (ed.). (1982): *La polémica del materialismo*. Madrid. Tecnos.
- ESTANY, A. (1990): *Modelos de Cambio Científico*. Barcelona, Crítica.
- ESTANY, A. (1993): *Introducción a la filosofía de la ciencia*, Barcelona, Crítica.
- FALGUERA, J. L. (1992): "La Noción de Modelo en los Análisis de la Concepción Estructuralista", *Agora*, 11/1, pp. 97-104.
- FEYERABEND, P. (1981): *Tratado contra el método*, trad. de D. Ribes de Feyerabend 1970. Madrid. Tecnos.
- FEYERABEND, P. K. (1975): *Contra el método. Esquema de una teoría anarquista del conocimiento*, trad. de Feyerabend 1970. Barcelona. Ariel.
- FEYERABEND, P. K. (1976): *Cómo ser un buen empirista*, trad. de D. Ribes y M.R. de Madaria de Feyerabend 1963. Valencia. Cuadernos Teorema.
- FEYERABEND, P. K. (1984): *Adiós a la razón*, trad. de José R. de Rivera. Madrid. Tecnos.
- FEYERABEND, P. K. (1982): *La ciencia en una sociedad libre*, trad. de Feyerabend 1978. Madrid. Siglo XXI.
- FEYERABEND, P.-NAESS, A. (1979): *Ej mito de la ciencia y su papel en la sociedad y ¿Por qué no ciencia también para anarquistas?*, trad. de A. Barahona y L. Esteve. Valencia. Cuadernos Teorema.
- FEYERABEND, P. K. (1974): "Filosofía de la ciencia: una materia con un gran pasado". *Teorema* 4:1, pp. 11-27.
- FLECK, L. (1986): *La génesis y el desarrollo de un hecho científico*, Madrid, Alianza.
- FRAASEN, B. van (1985): "Sobre la cuestión de la identificación de una teoría científica", *Crítica* XVII:51, pp. 21-30.
- FRANK, P. (1957): *Las razones para aceptar las teorías científicas*, trad. de Eli de Gortari. México. UNAM.
- FRANK, P. (1965): *Filosofía de la Ciencia: frontera entre ciencia y filosofía*, trad. de F. González de Frank 1957. México. Herrero.
- GADAMER, H. G. (1981): *La razón en la época de las ciencias*, trad. de E. Garzón de Gadamer 1976. Barcelona. L. Porcel (Alfa).
- GADAMER, H. G. (1977): *Verdad y método*. Salamanca. Sigüeme.
- GARCÍA BACCA, J. D. (1967): *Elementos de Filosofía de las Ciencias*. Caracas. Universidad de Venezuela.
- GARCÍA BERMEJO, J.C. (1981): "Nota sobre 'Aplicación aproximada de las teorías empíricas' ". *Teorema* 9:1, pp. 79-87.
- GARCÍA SUÁREZ, A. (1976): *La lógica de la experiencia*. Madrid. Tecnos.
- GARRIDO, M. (ed.). (1973): *Filosofía y ciencia en el pensamiento español contemporáneo*. Madrid. Tecnos.
- GEYMONAT, L. (1965): *Filosofía y filosofía de la ciencia*. Barcelona. Labor.
- GEYMONAT, L. (1980): *Ciencia y realismo*. Barcelona. Península.
- GONZÁLEZ, W. J. (1990): *Aspectos Metodológicos de la Investigación Científica*. Univ. Autónoma de Madrid-Univ. de Murcia, Madrid-Murcia.
- GONZÁLEZ DE LA FE, T. y SÁNCHEZ NAVARRO, J. (1988): "Las Sociologías del Conocimiento Científico", *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, 43, pp. 75-124.
- HABERMAS, J. (1982): *Conocimiento e interés*, Madrid, Taurus.
- HABERMAS, J. (1984): *Ciencia y técnica como ideología*, trad. de M. Jiménez y M. Garrido. Madrid. Tecnos.
- HANSON, N. R. (1977): *Patrones de descubrimiento. Observación y Explicación*. Trad. de E. García Camarero y A. Montesinos de Hanson 1958 y Hanson 1972. Madrid. Alianza.
- HANSON, N. R. (1978): *Constelaciones y conjeturas*, trad. de C. Solís. Madrid. Alianza.
- HARRE, R. (1967): *Introducción a la Lógica de las Ciencias*, trad. de Harré 1960. Barcelona. Labor.
- HEGENBERG, L. (1969): *Introducción a la filosofía de la ciencia*, trad. de J.A. Iglesias. Barcelona. Herder.
- HEISENBERG, W. (1962): *Los nuevos fundamentos de la ciencia*, trad. de J.M. Gimeno. Madrid. Norte y Sur.
- HEMPEL, C. G. (1973): *Filosofía de la ciencia natural*, trad. de A. Deaño de Hempel 1966. Madrid. Alianza.
- HEMPEL, C. G. (1979): *La explicación científica: estudios sobre filosofía de la ciencia*, trad. de Hempel 1965. Buenos Aires. Paidós.
- HEMPEL, C. G. (1988): *Fundamentos de la formación de conceptos en ciencia empírica*, Madrid, Alianza.

- HINTIKKA, J. (1979): *Saber y creer*, trad. de J.J. Acero de Hintikka 1962. Madrid. Tecnos.
- HOLTON, G. (1973): *Ensayos sobre el pensamiento científico en la época de Einstein*, trad. de J. Otero. Madrid. Alianza.
- HULL, L. W. H. (1961): *Historia de la ciencia y filosofía de las ciencias*, trad. de M. Sacristán de Huü 1959. Barcelona. Ariel.
- HUME, D. (1977): *Tratado de la Naturaleza Humana*, trad. de Félix Duque en Madrid, Ed. Nacional.
- KANT, I. (1781/87): *Kritik der reinen Vernunft.*, vers. cast.: *Crítica de la Razón Pura*. Madrid, Alfaguara, 1978.
- KELLER, E. F. (1991) *Reflexiones sobre Género y Ciencia*, Valencia, Ed. Alfons el Magnánim.
- KNEALE, W. y M. (1972): *E! desarrollo de la lógica*, Madrid, Tecnos, 1972.
- KOLAKOWSKI, C. (1979): *La filosofía positivista*, Madrid. Cátedra.
- KOYRE, A. (1980): *Estudios galileanos*, trad. M. González Ambou. Madrid. Siglo XXI.
- KOYRE, A. (1979): *Del mundo cerrado al universo infinito*, Madrid. Siglo XXI.
- KRAFT, V. (1966): *Ej Círculo de Viena*, Madrid. Taurus.
- KUHN, T. S. (1975): *La estructura de las revoluciones científicas*, trad. Agustín Contín de Kuhn 1962. México. FCE.
- KUHN, T. S. (1977): "El cambio de teoría como cambio de estructura: comentarios sobre el formalismo de Sneed", trad. de D. Quesada de Kuhn 1976. *Teorema* VII/2, pp. 141-165.
- KUHN, T. S. (1978): *Segundos pensamientos sobre paradigmas*, trad. de D. Ribes de Kuhn 1970. Madrid. Tecnos.
- KUHN, T. S. (1979): *La revolución copernicana*, trad. de Domenech Bergada de Kuhn 1957. Barcelona. Ariel.
- KUHN, T. S. (1979): *La función del dogma en la investigación científica*, trad. de D. Eslava. Valencia. Cuadernos Teorema.
- KUHN, T. S. (1980): *La teoría del cuerpo negro y la discontinuidad cuántica*, trad. de Kuhn 1978. Madrid. Alianza.
- KUHN, T. S. (1982): *La tensión esencial*, trad. de R. Helier de Kuhn 1977. México. FCE.
- KUHN, T. S. (1989): "Conmensurabilidad, comparabilidad y comunicabilidad", en *¿Qué son las revoluciones científicas? y otros ensayos*, Barcelona, Paidós.
- KUHN, T. S. (1989): *¿Qué son las Revoluciones Científicas?.* Barcelona, Paidós.
- LACHELIER, J. (1928): *Fundamentos de la inducción*, trad. de J. Xirau de Lachelier 1916. Madrid. Reus.
- LADRIERE, J. (1969): *Las limitaciones internas de los formalismos*, Madrid: Tecnos.
- LAKATOS, I. (1974): *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*, trad. de D. Ribes de Lakatos 1971. Madrid. Tecnos.
- LAKATOS, I. (1974): "Metodologías rivales de la ciencia: las construcciones racionales como guía de la historia". *Teorema* 4:2, pp. 199-214.
- LAKATOS, I. (1981): *Matemáticas, Ciencia y Epistemología*, trad. de D. Ribes de Lakatos 1978, vol. II. Madrid. Alianza.
- LAKATOS, I. (1978): *Pruebas y refutaciones*, trad. de C. Solís de Lakatos 1976. Madrid. Alianza.
- LAKATOS, I. (1983): *La metodología de los programas de investigación científica*, trad. de Lakatos 1978, vol. I. Madrid. Alianza.
- LAKATOS, I. y MUSGRAVE, A. (eds.). (1975): *La crítica y el desarrollo del conocimiento*, trad. de F. Hernán de Lakatos-Musgrave 1965. Barcelona. Grijalbo.
- LAMO DE ESPINOSA, E. (1971): *Sobre la teoría de las ciencias sociales*, Barcelona, Península.
- LAMO DE ESPINOSA, E., GONZÁLEZ GARCÍA, y TORRES ALBERO, C. (1994): *La sociología del conocimiento y de la ciencia*, Madrid, Alianza.
- LATOUR, B. (1992): *Ciencia en Acción*, trad. de Latour 1987, Barcelona, Labor.
- LAUDAN, L. (1986): *Ej progreso y sus problemas*, trad. de J. López Madrid de Laudan 1977. Madrid. Encuentro.
- LAUDAN, L. (1993): *La Ciencia y el Relativismo*, trad. de Laudan 1990, Madrid, Alianza.
- LEIBNIZ, G.W. (1993), *Nuevos Ensayos sobre el entendimiento humano*, Madrid, Alianza.
- LEVY LEBLOND, J. M. (1975): *La ideología de/en la física contemporánea*, Barcelona: Anagrama.
- LEVY LEBLOND, J. M. y JAUBERT, A. (eds.) (1980): *(Auto)crítica de la ciencia*, México: Nueva Imagen.
- LOCKE, J. (1980): *Ensayo sobre el entendimiento humano*, Madrid, Ed. Nacional.
- LÓPEZ CEREZO, J. A. (1985): *Conceptos Científicos*. Valencia. Tirant lo Blanch.
- LÓPEZ CEREZO, J. A., SANMARTÍN, J. y GONZÁLEZ, M. (1994): "El estado de la cuestión. Filosofía actual de la ciencia", *Diálogo Filosófico*, 29, pp. 164-208
- LORENZO, J. de (1980): *Ej método axiomático y sus creencias*, Madrid, Tecnos.
- LOSEE, J. (1976): *Introducción histórica a la filosofía de la ciencia*, Madrid. Alianza.
- LOSEE, J. (1989): *Filosofía de la Ciencia e Investigación Histórica*. Madrid, Alianza.
- MACH, E. (1948): *Conocimiento y error*, trad. de Mach 1905 . Buenos Aires. Espasa Calpe.
- MANNHEIM, K. (1966): *Ideología y utopía. Introducción a la sociología del conocimiento*, Madrid, Aguilar.
- MANNINEN, J. y TUOMELA, R. (eds.). (1980): *Ensayos sobre explicación y comprensión*, Madrid. Alianza.
- MARCOS, A. (1988): *Pierre Duhem: La Filosofía de la Ciencia en sus Orígenes*. PPU, Barcelona.
- MARDONES, J. M. y URSUA, N. (1982): *Filosofía de las ciencias humanas y sociales*. Barcelona. Fontamara.
- MARTÍNEZ FREIRÉ, P. (1978): *Filosofía de la ciencia empírica*. Madrid. Paraninfo.
- MARTÍNEZ GONZÁLEZ, J. (1980): *Ciencia y dogmatismo. El problema de la objetividad en K.R. Popper*. Madrid. Cátedra.
- MEDINA, M. y SANMARTÍN, J. (1990): *Ciencia, Tecnología y Sociedad*, Barcelona, Anthropos.
- MERTON, R.K. (1964): *Teoría y estructura sociales*, México, FCE.
- MERTON, R.K. (1977): *La sociología de la ciencia*, trad. de N.A. Míguez de Merton 1973. Madrid. Alianza.
- MERTON, R.K. (1980): "Los imperativos institucionales de la ciencia", en B. Barnes y otros, *Estudios sobre sociología de la ciencia*, Madrid, Alianza.
- MEYERSON, E. (1929): *identidad y realidad*, trad. de J. Xirau de Meyerson 1912. Madrid. Reus.
- MOSTERIN, J. (1978): *Racionalidad y acción humana*. Madrid. Alianza.
- MOSTERIN, J. (1984): *Conceptos y teorías de la ciencia*. Madrid. Alianza.

- MOULINES, C. U. (1972): "En el mundo debe valer por lo menos una ley". *Teorema* 5, pp. 61-79.
- MOULINES, C. U. (1982): *Exploraciones metacientíficas*. Madrid. Alianza.
- MUGUERZA, J. (1971): "Nuevas perspectivas en la filosofía contemporánea de la ciencia". *Teorema* 1:3, pp. 25-60.
- MUGUERZA, J. (1977): "La crisis de la filosofía analítica de la ciencia". *Cuadernos económicos de ICE* 3-4, pp. 7-45.
- MULKAY, M. (1980): "El crecimiento cultural en la ciencia", en B. Barnes y otros, *Estudios sobre sociología de la ciencia*, Madrid, Alianza, pp. 125-140.
- MUSGRAVE, A.E. (1978): *Los segundos pensamientos de Kuhn*, trad. de R. Beneyto de Lakatos-Musgrave 1970. Valencia. Teorema.
- NAESS, A. (1979): *¿Por qué no ciencia también para anarquistas?*. Valencia. Cuadernos Teorema.
- NAGEL, E. (1966): *Razón soberana y otros escritos de filosofía de la ciencia*, trad. de Nagel 1954. Madrid. Tecnos.
- NAGEL, E. (1968): *La estructura de la ciencia*, trad. de N. Miguez de Nagel 1961. Buenos Aires. Paidós.
- NAGEL, E. (1972): *Simbolismo y ciencia*, trad. de H. Crespo. Buenos Aires. Nueva Visión.
- NAGEL, E. (1974): *La lógica sin metafísica*, trad. de J. Melgar. Madrid. Tecnos.
- NAGEL, E. (1968): *La estructura de la ciencia*, trad. N. Miguez de Nagel 1961. Buenos Aires. Paidós.
- NEWMAN, J.R. (1968): *SÍGMA. El mundo de las matemáticas*, Barcelona, Grijalbo.
- NEWTON-SMITH, W. H. (1987): *La racionalidad de la ciencia*, trad. de M.A. Galmarini de Newton-Smith 1981. Barcelona. Paidós.
- NICOL, E. (1965): *Los principios de la ciencia*. México. FCE.
- NIDDITCH, P. H. (1975): *Filosofía de la ciencia*, trad. de Nidditch 1974. México. FCE.
- NUÑO, J. A. (1981): "Un empirismo lógico sin dogmas: sobreanaliticidad". *Teorema* 11, pp. 269-278.
- OLIVÉ, L. (1985): "Realismo y antirrealismo en la concepción semántica de las teorías", *Crítica* XVII:51, pp. 31-40.
- OLIVÉ, L. (1988): *Conocimiento, Sociedad y Realidad*. México, F. C. E..
- OLIVÉ, L. y PÉREZ RANSANZ, A.R. (1989): *Filosofía de la Ciencia: Teoría y Observación*. México, Siglo XXI.
- OPPENHEIMER, J. R. (1955): *La ciencia y el sentido común*, trad. de F. Pérez Navarro de Oppenheimer 1954. Madrid. Instituto Luis Vives.
- PEIRCE, Ch. (1970): *Deducción, inducción e hipótesis*. Buenos Aires. Aguilar.
- PEIRCE, Ch. (1970): *Mi alegato en favor del pragmatismo*. Buenos Aires. Aguilar.
- PÉREZ BALLESTAR, J. (ed.) (1983): *Análisis y Síntesis*, 2 vols., Salamanca, Universidad de Salamanca.
- PÉREZ FUSTEGUERAS, A. (1988): *La Epistemología de Quine*. Madrid, Fundación Juan March.
- PÉREZ RANSANZ, A.R. (1985): "El concepto de teoría empírica según van Fraassen", *Crítica* XVII:51, pp. 3-20.
- PIAGET, J. et alia. (1977): *La explicación en las ciencias*, Barcelona. Martínez Roca.
- POINCARÉ, H. (1963): *La ciencia y la hipótesis*, trad. de Besio y Baufi de Poincaré 1902. Madrid. Espasa Calpe, 3ª ed..
- POINCARÉ, H. (1963): *Ciencia y método*, 3ª ed.. Madrid. Espasa Calpe.
- POINCARÉ, H. (1964): *Filosofía de la ciencia*, México, UNAM.
- POLYA, G. (1966): *Matemáticas y razonamiento* (ausibíe), Madrid, Tecnos, 1966.
- POPPER, K. R. (1961 y 1987): *La miseria del historicismo*, trad. de P. Schwartz de Popper 1944-45. Madrid. Taurus.
- POPPER, K. R. (1962): *La lógica de la investigación científica*, trad. de V. Sánchez de Zavala de Popper 1934. Madrid. Tecnos.
- POPPER, K. R. (1965): *Ej desarrollo del conocimiento científico. Conjeturas y Refutaciones*, trad. de N. Miguez de la 2ª ed. (1965) de Popper 1962. Buenos Aires. Paidós.
- POPPER, K. R. (1974): *Conocimiento objetivo*, trad. de C. Solís de Popper 1972. Madrid. Tecnos.
- POPPER, K. R. (1981): *La sociedad abierta y sus enemigos*, trad. de E. Loebel de Popper 1950. Buenos Aires. Paidós.
- POPPER, K. R. (1985): *Realismo y el objetivo de la ciencia*, Madrid, Tecnos.
- QUINE, W. V. O. (1962): *Desde un punto de vista lógico*, trad. de Manuel Sacristán de Quine 1953. Barcelona. Ariel.
- QUINE, W. V. O. (1962): *Los métodos de la lógica*, trad. de Quine 1959. Barcelona. Ariel.
- QUINE, W. V. O. (1968): *Palabra y objeto*, trad. de Quine 1960. Barcelona. Labor.
- QUINE, W. V. O. (1974): *La relatividad ontológica y otros ensayos*, trad. de Quine 1969. Madrid. Tecnos.
- QUINE, W. V. O. (1977): *Las raíces de la referencia*, trad. de Quine 1974. Madrid. Revista de Occidente.
- QUINTANILLA, M. A. (1972): *idealismo y filosofía de la ciencia. Introducción a la epistemología de K.R. Popper*. Madrid. Tecnos.
- QUINTANILLA, M. A. (1976): *ideología y Ciencia*. Valencia. F. Torres.
- QUINTANILLA, M. A. (1981): *A favor de la razón*. Madrid. Taurus.
- QUINTANILLA, M. A. (1989): *Tecnología. Un Enfoque Filosófico*. Madrid, Fundesco..
- RADA, E. (1985): "Teorías y significado". *Theoria* 11:1, pp. 185-212.
- RADA, E. (1984): *La Filosofía de la Ciencia y el Giro 'Historiásta': El Post-Positivismo*, Madrid, UNED.
- RADNITZKY, G. (1973): "Hacia una teoría de la investigación, que no es ni reconstrucción lógica, ni psicológica o sociológica de la ciencia". *Teorema* 3, pp. 197-264.
- RADNITZKY, G. (1974): "Los ciclos vitales de las tradiciones científicas". *Revista de Occidente* 131, pp. 166-189.
- RADNITZKY, G. (1976): "Panorama crítico de las teorías de la normativa de la ciencia". *Pensamiento* 32, pp. 39-83.
- RADNITZKY, G. (1979): "Tres estilos de pensar en la actual teoría de la ciencia. Sus creadores: Wittgenstein I, Popper y Wittgenstein II". *Pensamiento* 35, pp. 5-35.
- RADNITZKY, G. et alia. (1982): *Progreso y racionalidad en la ciencia*, trad. de L. Meana de Radnitzky-Andersson 1978-9. Madrid. Alianza.
- RADNITZKY, G. y ANDERSSON, G. (eds.). (): *Estructura y desarrollo de la ciencia*. Madrid. Alianza.
- RAPP, fr. (1981): *Filosofía analítica de la técnica*, trad. de E. Garzón. Buenos Aires. Alfa.
- REICHENBACH, H. (1945): *Objetivos y métodos del conocimiento físico*, México. FCE.
- REICHENBACH, H. (1953): *La filosofía científica*, trad. de H. Flores de Reichenbach 1951. México. FCE.
- RIVADULLA, A. (1982): "Verosimilitud, medida y estimación". *Teorema* 12: 1-2, pp. 43-59.

- RIVADULLA, A. (1985): *Filosofía actual de la ciencia*. Madrid. Editora Nacional, 2ª ed. en Ed. Tecnos(1986).
- RIVADULLA, A. (1990): *Probabilidad e inferencia científica*, Barcelona, Anthropos.
- RODRÍGUEZ LADREDA, ROSA (1993): *Teoría y Práctica en la Ciencia*, Granada, Universidad de Granada
- RONZON, E. (82-3): "La revista Theoria' y los orígenes de la filosofía de la ciencia en España (1)". *El Basilisco* 14, pp. 9-40.
- RORTY, R. (1983): *La filosofía y el espejo de la naturaleza*, Madrid. Cátedra.
- RORTY, R. (1990): *El giro lingüístico*, Barcelona, Paidós, 1990.
- ROSE, H. y ROSE, S. (eds.). (1980): *La radicalización de la ciencia*, México. Nueva Imagen.
- RUSSELL, B. (1931): *El panorama científico*, trad. de G. Sans de *The Scientific Outlook*, luego retraducido en Barcelona. Ariel 1969, como *La perspectiva científica*. Madrid. Revista de Occidente.
- RUSSELL, B. (1966): *Lógica y conocimiento*, trad. de J. Muguerza de Russell 1956 en Madrid: Taurus.
- RUSSELL, B. (1973): *Obras completas*, 2 vols. Madrid. Aguilar.
- SÁNCHEZ RON, J.M. (1992): *El poder de la ciencia*, Madrid, Alianza.
- SANMARTÍN, J. (1987): *Los nuevos redentores*, Barcelona: Anthropos.
- SCHROEDINGER, E. (1975): *¿Qué es una ley de la naturaleza?*. México. FCE.
- SEIFFERT, H. (1977): *Introducción a la teoría de la ciencia*, trad. de R. Gabás. Barcelona. Herder.
- SELLARS, W. (1971): *Ciencia, percepción y realidad*, trad. de V. Sánchez de Zavala de Sellars 1963 . Madrid. Tecnos.
- SERRANO, J.A. (1981): *La objetividad y las ciencias*. México. Trillas.
- SKOLIMOWSKI, H. (1979): *Racionalidad evolutiva*, Valencia. Cuadernos Teorema.
- SMART, J. J. C. (1975): *Entre Ciencia y Filosofía*, Madrid. Tecnos.
- SNEED, J. D. (1977): "Problemas filosóficos de la ciencia empírica de la ciencia", *Teorema* V1L3-4, pp. 315-322.
- SOLIS, C. (1974): "Adversus Methodologos: comentario a unas notas en torno al debate Popper-Kuhn". *Teorema* IV:3, pp. 451-459.
- SOLIS, C. (1994): *Razones e intereses. La historia de la ciencia después de Kuhn*, Barcelona, Paidós.
- STEGMUELLER, W. (1979): *Teoría y experiencia*, trad. de CU. Moulines de Stegmüller 1970b. Barcelona. Ariel.
- STEGMUELLER, W. (1983): *Estructura y Dinámica de teorías*, trad. de CU. Moulines de Stegmüller 1973. Barcelona. Ariel.
- STEGMUELLER, W. (1981): *La concepción estructuralista de las teorías*, trad. de J.L. Zoffio de Stegmüller 1979. Madrid. Alianza.
- STEGMUELLER, W. (1974): "Dinámica de teorías y comprensión lógica", *Teorema* IV:4, pp. 513-553.
- STROBL, W. (1963): *Introducción a la filosofía de las ciencias*. Madrid. Revista Estudios.
- SUPPES, P. (1978): *Introducción a la lógica*, trad. de G. Aguirre de Suppes 1957. México. Continental.
- SUPPES, P. (1988): *Estudios de filosofía y metodología de la ciencia*, Madrid, Alianza, 1988
- SUPPE, F. (1979): *La estructura de las teorías científicas*, trad. de E. Rada y P. Castrillo de Suppe 1974. Madrid. Editora Nacional.
- SwiNBURNE, R. (ed.). (1976): *La justificación del razonamiento inductivo*, trad. de E. Pérez Sedeño. Madrid. Alianza.
- TARSKI, A. (1972): *La concepción semántica de la verdad y los fundamentos de la semántica*, trad. E. Colombo. Buenos Aires. Nueva Visión.
- TORRES, C. (1994): *Sociología política de la ciencia*, Madrid, CIS/Siglo XXI.
- TOULMIN, St. (1964): *Filosofía de la Ciencia*, trad. de Toulmin 1953. Buenos Aires. Mirasol.
- TOULMIN, St. (1977): *La comprensión humana. 1: El uso colectivo y la evolución de los conceptos*, trad. de N. Míguez de Toulmin 1970. Madrid. Alianza.
- URSUA, N. (81-3): *Filosofía de la ciencia y metodología científica*, 2 vols. (el segundo con Mardones). Bilbao. Desclée de Brouwer.
- Varios (1982): *Lógica, Epistemología y Teoría de la Ciencia*. Madrid. MEC
- Varios (1987): *Ciencia y Poder*, Madrid, Universidad Pontificia de Comillas.
- VÁZQUEZ, J. (1986): *Lenguaje, Verdad y Mundo*. Barcelona, Anthropos.
- VEGA, L. (1990): *La Trama de la Demostración*, Madrid, Alianza.
- WALLACE, W.A. (1976): *La Lógica de la Ciencia en la Sociología*, trad. de Wallace 1971, Alianza, Madrid.
- WARTOFSKY, M.W. (1973): *Introducción a la Filosofía de la Ciencia*, trad. de M. Andreu, F. Carmona y V. Sánchez de Zavala de Wartofsky 1968. Madrid. Alianza.
- WEINBERG, J.R. (1969): *Examen del positivismo lógico*, Barcelona. Aguilar.
- WHITEHEAD, A.N. (1949): *La ciencia y el mundo moderno*, Buenos Aires. Losada.
- WITTGENSTEIN, L. (1956): *Tractatus Logico-Philosophicus*, trad. de E. Tierno Galván de Wittgenstein 1922 en Madrid: Revista de Occidente (luego en Alianza).
- WITTGENSTEIN, L. (1968): *Los cuadernos azul y marrón*, trad. de F. Gracia de Wittgenstein 1958 . Madrid. Tecnos.
- WOOLGAR, S. (1991): *Ciencia: abriendo la cajanegra*, Barcelona, Anthropos, 1991
- WRIGHT, G. H. von. (1979): *Explicación y comprensión*, trad. de L. Vega de von Wright 1971. Madrid. Alianza.
- ZIMAN, J. (1981): *La credibilidad de la ciencia*, trad. de Ziman 1978. Madrid. Alianza.