

Antonio Diéguez Lucena



Filosofía de la ciencia

MANUALES UNIVERSIDAD

BIBLIOTECA NUEVA

El siglo xx no sólo presenció un avance espectacular en la investigación científica, sino también el desarrollo de la filosofía de la ciencia, uno de los ámbitos más fructíferos de la filosofía contemporánea, cuya misión es precisamente la de reflexionar sobre la índole, funcionamiento y repercusiones de la propia ciencia. En sus inicios, con el Círculo de Viena, dominó en ella un empirismo radical que intentó reducirla a un análisis del lenguaje científico y a una reconstrucción lógica de las teorías, sin embargo, esta tendencia fue dejando paso a la discusión de profundos problemas epistemológicos y metafísicos. En este libro se exponen con claridad y detalle los más significativos: la caracterización de las leyes, de las hipótesis y de las teorías científicas, los modelos de explicación científica, la formulación de un criterio de demarcación entre la ciencia y lo que no lo es, la racionalidad del cambio de teorías, la influencia de los factores sociales en dicho cambio, la posibilidad de establecer un método científico, la determinación del objetivo u objetivos de la ciencia, etc.

Antonio Diéguez es profesor titular de Lógica y Filosofía de la Ciencia en la Universidad de Málaga. Es autor de *La teoría de las ciencias morales en J. S. Mill* (1988) y de *Realismo científico* (1998). Sus publicaciones más recientes se centran en el campo de la epistemología evolucionista y en el debate sobre el realismo científico.

ISBN 978-84-9742-404-2



BIBLIOTECA NUEVA UNIVERSIDAD

MANUALES Y OBRAS DE REFERENCIA

SERIE PSICOLOGÍA

Antonio Diéguez

FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

BIBLIOTECA NUEVA

Cubierta: A. Imbert

SEGUNDA EDICIÓN, ABRIL 2010

 Creative Commons

© Antonio Diéguez 2005, 2010

© Editorial Biblioteca Nueva, S. L., Madrid, 2000, 2004, 2007, 2010

Almagro, 38 - 28010 Madrid (España)

www.bibliotecanueva.es

editorial@bibliotecanueva.es

ISBN: 978-84-9742-404-2

Depósito Legal: M-18193-2010

Impreso en Rógar, S. A.

Impreso en España - *Printed in Spain*

ÍNDICE

Este libro ha sido escrito con el propósito de servir de manual de filosofía de la ciencia, asignatura que se imparte en la licenciatura de filosofía y en algunas otras licenciaturas de ciencias y de humanidades. No obstante, su carácter introductorio lo hace apto para un público mucho más amplio. Creo que si alguna virtud tiene es precisamente la de la claridad. Al menos ése ha sido mi empeño constante durante toda su redacción. He intentado facilitarle al máximo al estudiante la comprensión de unos temas a menudo difíciles o muy técnicos, y ello sin renunciar demasiado al rigor en lo expuesto. Un precio, sin embargo, ha habido que pagar por ello, aunque confieso haberlo hecho sin demasiado disgusto: no ha sido posible entrar en los detalles y argumentar con detenimiento algunas de las tesis presentadas. Pero estoy convencido de que eso es justamente algo de lo que un manual puede prescindir con ventaja. Por otra parte, a lo largo de mis años de experiencia docente continuada en esta asignatura he podido llegar a apreciar con suficiente perspectiva qué temas resultan de más difícil comprensión para el estudiante. He procurado que, cuando su carácter central no los hiciera prescindibles, el esfuerzo de clarificación fuera en ellos aún mayor.

Con las reservas con las que deben tomarse este tipo de simplificaciones, puede decirse que desde los años 30, con el Círculo de Viena, hasta prácticamente nuestros días, la filosofía de la ciencia ha estado centrada en tres problemas fundamentales:

1. *¿Qué es la ciencia?* En particular, ¿en qué se distingue la ciencia de la filosofía, de la poesía o de las pseudociencias?
2. *¿Cómo progresa la ciencia?* ¿Lo hace de forma gradual y acumulativa o de forma revolucionaria y discontinua? ¿Lo hace basándose en criterios racionales de elección de teorías con carácter objetivo y neutral o lo hace en función de factores sociales, económicos, políticos, etc.?
3. *¿Cuál es el objetivo de la ciencia?* ¿Ha de interpretarse el progreso como dirigido a una meta única o, al menos, más importante que las demás? ¿Cuál es esa

meta? ¿Qué función tienen las teorías científicas, son meras herramientas conceptuales para realizar predicciones o pretenden ofrecer una explicación verdadera de los fenómenos naturales?

Sin embargo, a partir de la obra de Thomas Kuhn y de Paul Feyerabend, y en consonancia con lo que hoy se discute en el ámbito de los llamados 'Estudios Sociales sobre la Ciencia', podría añadirse a la lista una cuarta cuestión:

4. *¿Cuál es la autoridad cognoscitiva, pero también social, de la ciencia? ¿Merece dicha autoridad? ¿Cómo se integra la actividad científica con el resto de nuestras actividades sociales?*

En las páginas que siguen veremos qué respuestas recibieron estas preguntas. La primera de ellas será tratada específicamente en el Capítulo 4, dedicado al problema de la demarcación entre ciencia y no-ciencia, aunque los Capítulos 2 y 3 tienen también mucho que decir sobre el asunto, ya que en ellos se analizan conceptos centrales dentro de la ciencia, como son los de 'hipótesis', 'leyes', 'teorías' y 'explicación'. La segunda pregunta será discutida en los Capítulos 5 y 6, en los que expondremos los principales modelos de cambio científico ofrecidos por los filósofos. La tercera pregunta será objeto de aclaración en el Capítulo 7, dedicado al debate sobre el realismo científico. Finalmente, la pregunta cuarta encontrará parcialmente respuesta, tanto en el Capítulo 4 como en el 8, centrado este último en los Estudios Sociales sobre la Ciencia.

El texto consta de partes que son marcadamente expositivas y bastante fieles al pensamiento de los autores expuestos y de partes más polémicas o interpretativas donde no ha sido posible (y quizá tampoco hubiera sido conveniente) una neutralidad total. Posiblemente los lugares en los que el lector detectará una toma de posición más clara por mi parte sean los capítulos dedicados a la incommensurabilidad de las teorías y al realismo científico. No es de extrañar y, hasta cierto punto, se puede justificar si se tiene en cuenta que son temas a los que he dedicado una especial atención en mis trabajos a lo largo de los últimos años. Esto no significa, sin embargo, que no se haya buscado en su exposición una presentación lo más objetiva posible de los argumentos enfrentados.

Todo libro se apoya en otros, e incluso, en más de un aspecto, los imita. Éste no es una excepción, como puede comprobarse por la extensa bibliografía citada. Pero junto a las obras especializadas que han sido utilizadas como fuentes para documentar los temas tratados, hay manuales de filosofía de la ciencia que me han servido de inspiración y de los que he obtenido una gran ayuda. Entre los recientes quisiera destacar tres. Uno publicado en inglés y los otros dos en castellano. El primero es el libro de Alexander Bird titulado *Philosophy of Science*, publicado en 1998. Fue mi buen amigo Carlos Castrodeza quien llamó mi atención sobre él, y desde que lo leí no he encontrado otro libro sobre el tema que consiga una síntesis tan lograda de sencillez, claridad expositiva y aportaciones originales a los problemas planteados, por no mencionar también las coincidencias con mis propios puntos de vista. En cuanto a los escritos en español, los que más han influido en la redacción de este que ahora

presento —y sin que ello deba ir en menoscabo de otros que podrían citarse— son el de Javier Echeverría, titulado *Introducción a la metodología de la ciencia*, cuya segunda edición, muy revisada y ampliada, es de 1999, y el de José A. Díez y C. Ulises Moulines, *Fundamentos de Filosofía de la Ciencia*, de 1997. Ambos son muy recomendables para ampliar los asuntos que, debido a las diferencias inevitables e intelectualmente deseables en orientación e intereses, hayan podido quedar más descuidados en los próximos capítulos.

Una parte del contenido de este libro procede de trabajos publicados con anterioridad, aunque han sido reformulados en buena medida y, en algunos casos, modificados sustancialmente. Se trata de los siguientes artículos:

«Conocimiento e hipótesis en la ciencia moderna», *Arbor*, 521 (1989), 91-118.

«La inconmensurabilidad de las teorías. Sentidos, consecuencias y alternativas», *Philosophica Malacitana*, 2 (1989), 39-54.

«Acerca de los dos sentidos de la falsabilidad», *Diálogo Filosófico*, 26 (1993), 177-187.

«Explicando la explicación», *Daimon*, 8 (1994), 83-107.

«Los compromisos del realismo científico», en P. Martínez Freire (ed.), *Filosofía actual de la ciencia*, suplemento núm. 3 (1998) de *Contrastes*, 145-173.

«Las explicaciones del éxito de la ciencia. Un análisis comparativo», *Thémata*, 27 (2001), 15-29.

«Los estudios sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad. Una panorámica general», en J. M. Atencia y A. Diéguez (eds.), *Tecnociencia y cultura a comienzos del siglo XXI*, Málaga, Universidad de Málaga, 2004.

Quisiera dejar constancia de mi agradecimiento a las revistas que los publicaron inicialmente por su permiso para utilizarlos en la presente obra. Asimismo, no puedo dejar de mencionar la colaboración prestada por Pascual Martínez Freire, Alfredo Burrieza y José María Atencia, quienes leyeron el borrador del texto e hicieron sugerencias muy útiles para mejorarlo. Agradezco igualmente a Ilkka Niiniluoto, del Departamento de Filosofía de la Universidad de Helsinki y actual Rector de dicha universidad, la oportunidad que me brindó al facilitarme una estancia de investigación en la capital finlandesa durante el mes de mayo de 2003. Allí pude consultar los excelentes fondos bibliográficos de los que el citado departamento dispone, y con ese aliciente fueron escritos los dos primeros capítulos de este libro. Por último, estoy en deuda, por su entrañable amistad y por su ayuda, sin la que quizás este libro no hubiera visto finalmente la luz, con José Lasaga Medina y con Javier Muguerza.

CAPÍTULO PRIMERO

La tarea de la filosofía de la ciencia

1. LOS ORÍGENES DE LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

La filosofía de la ciencia —ironizaba en uno de sus títulos el filósofo Paul Feyerabend— es una materia con un gran pasado. Entre los objetivos de este libro está el intentar mostrar que no sólo tiene un gran pasado, sino que tiene todavía ante sí cuestiones de interés que garantizan su futuro. La ciencia es una parte de la cultura con una importancia creciente en nuestra sociedad, y como expondremos en las páginas que siguen, encierra problemas filosóficos que están lejos de haber sido resueltos. Pero Feyerabend tiene razón en cuanto al pasado de la filosofía de la ciencia. La reflexión sobre las características de la ciencia como modo de conocimiento, así como sobre sus métodos, ha generado durante siglos una literatura abundante. Numerosos filósofos y científicos de todas las épocas han dedicado en mayor o menor medida una parte de su trabajo a pensar sobre la ciencia. Ciertamente es, sin embargo, que estas reflexiones estaban normalmente circunscritas a fines ulteriores, bien sea como propedéutica o introducción a algún trabajo científico, bien como aspecto particular o derivado de una consideración general sobre el conocimiento humano.

La reflexión filosófica sobre la ciencia no es, en efecto, cosa de antaño. Las páginas que Aristóteles dedica a la deducción y a la inducción, profundizadas en el Edad Media por Robert Grosseteste y Roger Bacon; la defensa, ya a comienzos de la Época Moderna, por parte de Francis Bacon de un método inductivo renovado, y por parte de Descartes del método deductivo combinado con el mecanicismo (el universo físico puede explicarse sólo como materia en movimiento); la crítica de Hume al concepto tradicional de causa y a la

justificación de las inferencias inductivas; el magno proyecto de Kant para fundamentar en la estructura de la propia razón los logros de la física newtoniana; todos ellos son hitos destacados en la historia del pensamiento filosófico acerca de la ciencia. A ellos podrían añadirse las aportaciones en el siglo XIX de William Whewell y John Stuart Mill, y las de Ernst Mach y Pierre Duhem a finales del XIX y principios del XX.

Si seguimos un criterio actual para delimitar esta disciplina y miramos desde él al pasado, un pensador que podría ser calificado con toda propiedad de 'filósofo de la ciencia' es el inglés William Whewell (1794-1866), autor de dos obras de considerable enjundia que ejercieron una gran influencia en muchos pensadores: *History of the Inductive Sciences* (1837) y *The Philosophy of the Inductive Sciences* (1840). Lo mismo puede decirse de un contemporáneo de Whewell algo más joven, el también inglés John Stuart Mill, autor de *A System of Logic* (1843), obra que es considerada como una de las fuentes primarias del positivismo en filosofía de la ciencia (el positivismo de Auguste Comte es demasiado peculiar para ello). En ella se presentan al lector, aún de forma incipiente, elementos centrales en la filosofía de la ciencia, como el análisis lógico de las inferencias inductivas, el modelo nomológico-deductivo de explicación, la determinación del papel de las hipótesis en las ciencias, la simbiosis de deducción y experiencia en la contrastación de teorías, etc. Se da además la circunstancia de que Mill es el primer autor que aborda de forma sistemática la metodología de las ciencias humanas y sociales. Es digna de mención también una obra que influyó notablemente sobre John Stuart Mill; se trata de *A Preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy*, escrita por el matemático y astrónomo John Herschel y publicada en 1830. En ella se hace una defensa del uso de hipótesis en la ciencia y se establece una clara separación entre el contexto de descubrimiento y el contexto de justificación, un asunto del que hablaremos seguidamente.

El hecho de que éstas sean obras dedicadas exclusivamente a la filosofía de la ciencia, estén apoyadas —en especial *The Philosophy of Inductive Sciences* de William Whewell— en un análisis serio de la historia de la ciencia y tengan plena conciencia de los objetivos de ese tipo de estudio, así como de su importancia para la filosofía y para la ciencia, las hace pioneras en ese campo y antecedentes claros de la filosofía de la ciencia tal como hoy la entendemos.

La primera cátedra de filosofía de la ciencia se crea en Viena en 1895, con la denominación de 'Filosofía de las Ciencias Inductivas'. El primero que la ocupó fue Ernst Mach, al que sucedió Ludwig Boltzmann y, en 1922, Moritz Schlick, el fundador del Círculo de Viena. Pero es después de la Segunda Guerra Mundial cuando, gracias sobre todo a la labor que venían desarrollando previamente los seguidores del *positivismo lógico*, la filosofía de la ciencia se transforma en una disciplina independiente de la teoría del conocimiento y pasa a ocupar un lugar propio y destacado dentro del ámbito general de la filosofía.

Uno de los elementos determinantes en el surgimiento de esta disciplina provino de la propia ciencia. Durante el primer tercio del siglo XX la física ex-

perimentó cambios tan profundos en sus teorías fundamentales que constituyeron una auténtica revolución científica, en muchos puntos comparables a la revolución científica del siglo xvii. Esta «crisis de la física», como alguien la llamó, trajo consigo una transformación no menos radical en el modo en que venía siendo considerado el conocimiento científico.

La aparición a comienzos del siglo xx de la teoría de la relatividad especial (1905) y general (1916) —debidas ambas al genio de Albert Einstein— y de la teoría cuántica (1900-1927) —surgida del esfuerzo conjunto de Max Planck, Albert Einstein, Niels Bohr, Louis de Broglie, Werner Heisenberg, Erwin Schrödinger y Max Born, entre otros— hizo que muchos sintieran la necesidad de revisar las opiniones más extendidas acerca del modo en que se desarrolla la ciencia y el rango cognoscitivo al que deben aspirar las teorías científicas. Estas opiniones extendidas, al menos entre los científicos, estaban basadas o bien en una filosofía kantiana sofisticada o bien en un empirismo radical que era hostil a toda hipótesis sobre entidades inobservables y que intentaba reducir todo conocimiento a experiencias posibles de realizar por los seres humanos.

La revolución de la física a comienzos del siglo xx puso de manifiesto dos cosas para los interesados en la epistemología o teoría del conocimiento:

1. La teoría más firme y sólida conocida hasta el momento, la mecánica newtoniana, no era una verdad definitiva, sino que había sido sustituida por una física nueva que mostraba como falsos algunos de los elementos centrales de la misma (invariabilidad de longitud, tiempo y masa con respecto a la velocidad, no equivalencia entre masa y energía, posibilidad de atribuir en principio un valor exacto a todas las variables relevantes de los fenómenos, etc.). Por tanto, la pretensión de los kantianos de basar esa física newtoniana en un supuesto conocimiento sobre el mundo válido con anterioridad a cualquier experiencia (juicios sintéticos *a priori*) quedaba tocada bajo la línea de flotación.
2. La creatividad humana y no la experiencia pasiva es la fuente de donde surgen las explicaciones científicas. Un seguimiento escrupuloso de los métodos inductivos, tomando como punto de partida la experiencia conocida, no habría podido generar estas nuevas teorías. La ciencia no es, pues, una forma compendiada de almacenar experiencias sensibles, sino que necesita de hipótesis arriesgadas que vayan más allá de los hechos observables. Estas hipótesis pueden tener la forma de modelos matemáticos incapaces de ser interpretados de forma intuitiva. Los principios de la física son, como decía Einstein, «invenciones libres del intelecto humano», no generalizaciones obtenidas a partir del análisis de los datos de la experiencia, aunque sea la experiencia la que decida en última instancia sobre su utilidad.

Los miembros del Círculo de Viena estuvieron entre los primeros que intentaron elaborar una nueva forma de entender el conocimiento científico que pudiera sintonizar adecuadamente con la física recién surgida, y puede decirse que gracias a sus innovadores trabajos y a su influencia personal surgió la filosofía de la ciencia como disciplina autónoma, extendiéndose después su institucionalización académica a partir de los años 50. No obstante, de las dos consecuencias de la revolución en la física que acabamos de mencionar, el Círculo

de Viena extrajo con rotundidad la primera. Hubo que esperar a la obra de Karl Popper para ver claramente asumida la segunda.

El Círculo de Viena estuvo constituido por un grupo de científicos con intereses filosóficos y de filósofos con formación científica que desde 1924 se reunía los jueves por la noche en la ciudad de Viena. Todos acudían convocados por el prestigio y la personalidad amable del físico y filósofo Moritz Schlick, catedrático desde 1922, como ya hemos dicho, de Filosofía de las Ciencias Inductivas en esa ciudad. Por citar sólo algunos nombres, entre los miembros del grupo con una vocación más volcada hacia la filosofía estaban Rudolf Carnap (quien había cursado también estudios de física y matemáticas), Herbert Feigl, Victor Kraft y Friedrich Weissmann, y entre los científicos estaban los matemáticos Hans Hahn, Gustav Bergmann, Karl Menger y Kurt Gödel, el físico Philipp Frank y el economista y sociólogo Otto Neurath.

La herencia filosófica de la que se nutrían era el empirismo radical, especialmente a través de la obra de Ernst Mach. Pero en sus manos alcanzó una formulación mucho más rigurosa que la que le habían dado los filósofos anteriores. Todos ellos estaban también sumamente impresionados por los avances en lógica matemática y filosofía del lenguaje logrados por Gottlob Frege, Bertrand Russell y Ludwig Wittgenstein. Vieron en la lógica un valiosísimo instrumento de análisis, no sólo de las teorías científicas, sino también del lenguaje en general. Este análisis lógico del lenguaje permitiría mostrar, según pensaban, que los problemas tradicionales de la metafísica, y de la filosofía en su conjunto, son pseudoproblemas suscitados por un uso ilegítimo del lenguaje. Además, los trabajos de estos autores convencieron a los miembros del Círculo de que la matemática podía reducirse a la lógica y que los enunciados que formaban el contenido de ambas ciencias debían considerarse como analíticos, es decir, como transformaciones tautológicas dentro de un lenguaje y, por tanto, sin un contenido informativo acerca del mundo. El énfasis en el papel del análisis lógico como única forma posible de la filosofía y la consideración de la matemática y de la lógica como ciencias formales sin contenido empírico eran los puntos que más separaban sus planteamientos de los del positivismo anterior, como el de Comte, Mill o Mach.

En 1929, aprovechando la oportunidad que proporcionaba la coincidencia de varios congresos científicos en Praga, tres miembros del grupo, Hans Hahn, Otto Neurath y Rudolf Carnap, redactaron un pequeño escrito de presentación que sirvió como verdadero manifiesto del Círculo de Viena. Llevaba un título directo y comprometido: «La concepción científica del mundo: El Círculo de Viena.» La concepción científica del mundo —tal como se define en este escrito— se distingue por dos rasgos:

Primero, es empirista y positivista: sólo hay conocimiento a partir de la experiencia, que descansa en lo inmediatamente dado. Esto marca los límites del contenido de la ciencia legítima. *Segundo,* la concepción científica del mundo se caracteriza por la utilización de un cierto método, a saber, el *análisis lógico*. El objetivo del esfuerzo científico es alcanzar la meta, la ciencia unificada, mediante la aplicación del análisis lógico al material empírico (Hans, Neurath, Carnap, 1929-1973, pág. 309).

En 1930, editado por Carnap y Reichenbach, apareció el primer número de la revista *Erkenntnis*, que sigue publicándose en la actualidad. Esta revista, en sus primeros números, recogió algunos de los trabajos fundamentales de los miembros del Círculo y fue su medio principal de expresión. La filosofía del Círculo de Viena recibió el nombre de 'neopositivismo' o 'positivismo lógico'. Emparentada estrechamente con ella, surgió también en Berlín por las mismas fechas y de la mano de Hans Reichenbach y de Carl Gustav Hempel una variante menos estricta en algunos puntos centrales a la que más tarde, sobre todo después de añadir influencias de la filosofía analítica y del pragmatismo norteamericano, se denominó 'empirismo lógico'. A partir de los años 50 el empirismo lógico, más que el positivismo lógico, fue la filosofía predominante entre los herederos del Círculo hasta el comienzo de su declive a mediados de los años 60.

Según el positivismo lógico, los enunciados sintéticos, esto es, todos los que pretenden afirmar algo acerca del mundo, para tener significado han de ser reductibles a un lenguaje que verse sólo sobre cosas observables (véase sección 4.2 y 4.3). En un principio se discutió en las reuniones del Círculo cómo debía interpretarse este lenguaje observacional o 'protocolario', como lo llamaron, al que debían traducirse los enunciados sintéticos. El calificativo de «protocolario» obedecía a que se concebía como el tipo de lenguaje que se emplea por parte de los científicos en los protocolos de experimentación en los laboratorios. Carnap y Schlick eran partidarios de entenderlo como un *lenguaje fenomenalista*, mientras que Neurath se inclinaba más bien por un *lenguaje fiscalista*. El lenguaje fenomenalista sería un lenguaje referido sólo a experiencias inmediatas, a datos sensoriales. Estaría constituido por descripciones de las sensaciones inmediatas de los sujetos, como «ahora hay un triángulo en mi campo visual» o «R. C. percibió tal cosa en el tiempo *t* en el lugar *o*». Por su parte, el lenguaje fiscalista no sería exactamente el lenguaje de la física, pues contendría también términos propios de otras disciplinas, pero estaría muy cercano a él, ya que en última instancia todos sus términos se reducirían a determinaciones físicas, y de ahí el nombre. El lenguaje fiscalista habla sólo de las propiedades y relaciones observables entre las cosas materiales; y se postulaba como el lenguaje universal de todas las ciencias. Tras varias discusiones sobre el asunto, Carnap terminó aceptando la interpretación fiscalista, que tenía la ventaja de no hacer que el conocimiento, especialmente el científico, descansase sobre algo tan subjetivo como las sensaciones de los individuos concretos. El fiscalismo fue, pues, la interpretación del lenguaje observacional que finalmente se convirtió en la postura oficial del Círculo de Viena.

La tesis de que el lenguaje fiscalista debía considerarse como el lenguaje universal de la ciencia comportaba un cierto programa para la unificación de todas las disciplinas científicas, incluidas las ciencias humanas, bajo un mismo lenguaje y un mismo método. Este ideal de Ciencia Unificada estaba animado por los éxitos parciales, pero impresionantes, en las reducciones (en el sentido explicativo) que se habían conseguido ya para entonces de la química a la física, de la biología a la química y a la física, y de la psicología a la neurofisiología.

Como meta lejana de este programa de explicación unitaria, era imaginada una futura física teórica de la cual serían derivables todos los fenómenos observables del universo entero (incluyendo la vida orgánica y la mente). «Puesto que el lenguaje físico —escribe Carnap— es el lenguaje básico de la ciencia, *la totalidad de la ciencia se convierte en física*» (Carnap, 1932/1995, pág. 97). Para promover este proyecto de unificación de las ciencias algunos miembros y colaboradores del Círculo crearon en 1937, en La Haya, el Instituto Internacional para la Unidad de la Ciencia, y en 1938 la Universidad de Chicago inició la publicación de una serie bajo la denominación de *Enciclopedia Internacional de la Ciencia Unificada*. En ella se publicaría años más tarde *La estructura de las revoluciones científicas* de Thomas Kuhn. Sin embargo, en la práctica científica, esta postura conducía a enormes dificultades cuando se adoptaba con espíritu consecuente. En el campo de la psicología conducía al conductismo radical. El conductismo sólo admitía como proposiciones psicológicas aquellas que estuvieran referidas a comportamientos observables. Pero los críticos hicieron notar que el conductismo no realiza del todo el programa fisicalista, ya que transpone las proposiciones psicológicas en el lenguaje corriente, y de ningún modo en el lenguaje de los procesos físicos. Además, los enunciados sobre estados y procesos físicos en general son enunciados científicos legítimos, por mucho que no puedan ser traducidos al lenguaje fisicalista.

La pretensión del Círculo de Viena era la de efectuar una reconstrucción lógica de las teorías científicas, tal como éstas debían ser desde una consideración puramente racional. No intentó nunca que esta reconstrucción fuese una descripción del origen y desarrollo real de dichas teorías científicas. Ésta era, en opinión de sus miembros, una tarea para psicólogos, sociólogos e historiadores de la ciencia. El papel del filósofo de la ciencia, según la distinción que trazó Reichenbach de forma explícita en su libro de 1938 *Experience and Prediction*, debe limitarse al *contexto de justificación* de las teorías, y debe dejar al psicólogo, al sociólogo y al historiador el *contexto de descubrimiento*. Es decir, para el neopositivismo a la filosofía de la ciencia no le interesa cómo se descubren las teorías, ya que esto obedece a circunstancias muy variadas y no está sometido a criterios lógicos. En cambio, es su tarea principal evaluar los procedimientos mediante los cuales justifican los científicos las teorías que defienden, tarea en la que la lógica sí que tiene mucho que decir.

Como veremos en el Capítulo 4, el Círculo de Viena se caracterizó también por una actitud fuertemente antimetafísica. Consideraban que la metafísica era un discurso sin sentido. La filosofía, por lo tanto, no debía dedicarse a ese tipo de especulaciones ni a elaborar ningún discurso sobre el mundo que no pudiera ser comprobado a través de la experiencia. Su función debía quedar reducida al análisis lógico del lenguaje. De este modo, por ejemplo, el filósofo no debía preguntarse directamente qué es el conocimiento, sino cuál es la estructura lógica del lenguaje científico y cómo representa este lenguaje los hechos reales.

Ello no obstante, lo cierto es que el positivismo lógico elaboró una epistemología empirista cuyos supuestos básicos, aunque no todos los compartieran, pueden resumirse del siguiente modo:

- a) Existe una base puramente observacional sobre la que se fundamenta la objetividad científica.
- b) La observación científica es un proceso neutral desde el punto de vista teórico, que se atiene únicamente a lo dado.
- c) Sobre la base de los datos observacionales el científico procede fundamentalmente de forma inductiva, confirmando así leyes aplicables a una totalidad de fenómenos.
- d) Es precisamente el fuerte apoyo inductivo que alcanzan las leyes generales y las teorías lo que justifica su admisión por parte de los científicos.
- e) En consecuencia, el desarrollo científico es un proceso acumulativo en el que va mejorándose el apoyo inductivo de las leyes y teorías, de modo que las que ya han logrado una confirmación suficientemente alta pasan a formar parte de un cuerpo de conocimientos bien establecido.

En los próximos capítulos iremos viendo cómo algunos de los grandes nombres de la filosofía de la ciencia posterior, como Popper, Kuhn, Lakatos o Feyerabend, hicieron su carrera en buena medida poniendo en cuestión o rechazando estos supuestos.

La república de Weimar cayó en 1933, año en el que Hitler llegó al poder en Alemania. Antes, en 1930, Feigl se había ido a los Estados Unidos. Al año siguiente, en 1931 Carnap abandonaba Viena y marchaba a Praga. En Julio de 1934 murió Hans Hahn, y en ese mismo año Neurath abandonó Austria para siempre. En 1936 Carnap, que había llegado el año anterior a los Estados Unidos, aceptó un nombramiento en la Universidad de Chicago y Schlick fue asesinado por un estudiante psicópata que luego, para rebajar su condena, alegó haber actuado movido por sus convicciones nacionalsocialistas. Estos acontecimientos, junto a la anexión violenta de Austria a Alemania en 1938, y a la persecución política que sufrieron sus miembros, debido a sus ideas izquierdistas y a la ascendencia judía de algunos, determinaron la disolución del Círculo. No obstante, su orientación filosófica continuó ejerciendo gran influencia en Gran Bretaña (con Alfred J. Ayer), en Estados Unidos (con Charles W. Morris, Willard v. O. Quine, Ernest Nagel y Nelson Goodman), en Polonia (con Kazimierz Ajdukiewicz, Tadeusz Kotarbinski, Jan Łukasiewicz y Alfred Tarski) y en los países escandinavos, especialmente en Finlandia (con Eino Kaila), calando profundamente en los ambientes científicos. Se puede decir que esta influencia sigue siendo hoy día importante en dichos países (con la excepción de los Estados Unidos donde el panorama filosófico ha cambiado rápidamente en las últimas décadas). En Alemania y Austria hasta finales de los 50 no volvería a aparecer una filosofía que pudiera considerarse en alguna medida heredera del Círculo (cfr. Hegselmann, 1996).

Desde los inicios de sus reuniones habituales en Viena los miembros del Círculo mantuvieron siempre una actitud abierta a la revisión de sus propios planteamientos y ejercieron una crítica constante sobre los mismos. Ciertamente, fueron uno de los movimientos filosóficos más autocríticos que ha habido en toda la historia, hasta el punto de que sus posiciones finales estuvieron muy alejadas en aspectos esenciales de las iniciales (cfr. Suppe, 1979, cap. 2). No sería

descabellado decir que el final del neopositivismo vino propiciado por esas críticas «internas», particularmente por las críticas de Quine a la distinción analítico/sintético y al reduccionismo empirista de los criterios de sentido, por las críticas de Goodman al concepto de confirmabilidad, y por las críticas de diversos autores a la separación entre observación y teoría, o al modelo de explicación científica defendido por el empirismo lógico. A comienzos de los años 60 la filosofía neopositivista tuvo que encarar además una serie de críticas más básicas que provenían desde fuera y que afectaban ya no sólo a aspectos concretos de sus propuestas sino a su propia concepción de la ciencia y de la filosofía. Estas críticas, entre las que cabe destacar las de Popper (que había comenzado ya treinta años antes), Hanson, Toulmin, Kuhn, Lakatos y Feyerabend, fueron decisivas a la hora de liquidar los restos de la filosofía neopositivista, pero contribuyeron a forjar la imagen de un neopositivismo dogmático y unilateral, que es una caricatura de la realidad.

Para entender los aspectos más radicales de la filosofía neopositivista, como puede ser su carácter antimetafísico y cientifista, es conveniente situarlos en su contexto histórico y geográfico. Un contexto en el que el idealismo alemán había sido la filosofía dominante durante mucho tiempo y en el que la influencia de filosofías contrarias a la ciencia, como la de Heidegger, comenzaba a ganar peso. Y en la balanza también deberían ponerse los efectos positivos que para la filosofía del siglo xx tuvo la voluntad de rigor en la argumentación y de claridad en los conceptos que caracterizó al Círculo de Viena, así como su insistencia en la colaboración intelectual dentro de la filosofía, pero especialmente entre filósofos y científicos. Esto cambió la filosofía del siglo xx. El neopositivismo situó definitivamente en la agenda filosófica, como problema destacado, la necesidad de alcanzar una correcta comprensión de la naturaleza de la ciencia, dado que ésta y la tecnología se habían constituido en fuerzas determinantes de las transformaciones históricas y sociales que experimentó el último siglo. Y desde entonces la ciencia ha seguido reclamando esa especial atención, incluso entre aquellos que más críticos han sido con su papel actual en la sociedad o con su imagen tradicional.

2. ¿TIENE UTILIDAD PARA LA CIENCIA LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA?

La importancia de la ciencia en el mundo contemporáneo es tal que a ningún filósofo se le oculta hoy la necesidad de conocer en alguna medida cuáles son las cualidades del conocimiento científico, cómo se produce y cuáles son sus efectos sobre la sociedad. Pero ¿qué interés puede tener la filosofía de la ciencia para un científico, el cual se supone que conoce de primera mano estas cuestiones? Ésta es ciertamente una cuestión delicada. Hace unos años, Lewis Wolpert, catedrático de biología aplicada a la medicina en el University College de Londres y autor de un conocido libro sobre la naturaleza de la ciencia (Wolpert, 1994), escribía en una carta dirigida a la revista *BioEssays*: «Los filósofos de la ciencia de este siglo no han hecho ninguna contribución que nos

ayude a entender el proceso científico y por qué es tan exitoso. Los científicos ven su actividad con perplejidad e indiferencia» (*BioEssays*, 22 [2000], pág. 308). Mi opinión es que quizás Wolpert pueda tener razón en su segunda afirmación, pero es injusto en la primera. Es importante además distinguirlas, porque la filosofía de la ciencia podría seguir siendo una disciplina legítima y fructífera aunque los científicos la ignoraran. Es evidente que conocer la filosofía de la ciencia no es necesario para hacer buena ciencia, y que, por tanto, los científicos no tienen necesidad de prestarle atención para desarrollar su trabajo; sin embargo es exagerado e injusto, como digo, afirmar que la filosofía de la ciencia no ha contribuido a mejorar nuestra comprensión de la ciencia.

El hecho es que, lo sepan o no, muchos científicos mantienen una concepción determinada de su actividad como científicos y de la propia ciencia como modo de conocimiento que les llega, por vías indirectas, desde la obra de los filósofos de la ciencia. Hay muchos científicos que son positivistas, instrumentalistas, falsacionistas o realistas sin tener plena conciencia de ello, e incluso pensando en ocasiones que su punto de vista no encierra ninguna filosofía, sino que es una descripción objetiva de su propia experiencia como investigador, cuando no —como sostiene Wolpert (1994, pág. 104)— mero sentido común.

Para un buen número de personas, científicos incluidos, la ciencia es un modo de conocimiento que se atiene únicamente a los hechos. Los hechos, una vez bien establecidos, hablan por sí solos; el científico debe únicamente observarlos atentamente e inferir de ellos teorías que los expliquen, las cuales quedarán a su vez verificadas si encuentran nuevos hechos que las apoyen. La ciencia sería así ajena a cualquier tipo de especulación, ya sea filosófica o de otra índole. El científico sólo tomaría en serio los hechos bien constatados y las teorías sustentadas sobre ellos. Las controversias científicas terminan una vez que los hechos han dado la razón a una de las partes contendientes. Pues bien, esta imagen de la ciencia, que no oculta su rechazo a cualquier contaminación filosófica, es ella misma una posición filosófica llamada 'positivismo', y aunque su germen ha estado presente siempre en la ciencia moderna, no cobró empuje hasta mediados del siglo *xx*, cuando Comte la sistematizó y difundió. No obstante, su influencia actual —tan grande que continúa siendo un modo muy habitual de considerar la ciencia— proviene más bien de una interpretación simplificada y distorsionada de las tesis defendidas por el Círculo de Viena y el empirismo lógico.

Sin embargo, son cada vez más los científicos que consideran inadecuado este modo de describir su actividad. Sostienen que no hay hechos desnudos si no hay una teoría previa que los localice y los interprete. Sostienen también que las teorías no vienen dictadas por los hechos, como si bastara generalizar éstos para alcanzarlas; sino que elaborar una teoría es una labor sumamente creativa e imaginativa en la que los hechos son sólo una parte inicial de un cóctel que incluye, además de otras teorías científicas previamente aceptadas, ideas filosóficas, preconcepciones culturales y hasta creencias religiosas. Estiman, sin embargo, que esta mezcolanza, en lugar de perjudicar a la ciencia con indeseables «contaminaciones», es —al menos en lo que a producir nuevas ideas se refie-

re— requisito imprescindible de su progreso. Y, finalmente, prefieren considerar sus teorías como hipótesis más o menos corroboradas, pero siempre revisables, en vez de como verdades definitivamente probadas. Si la anterior imagen de la ciencia era positivista, ésta tiene como su fuente principal la obra de Karl Popper.

Así pues, por lo pronto, cabe rastrear una filosofía de la ciencia implícita en las concepciones de la ciencia que sustentan los científicos, y no sería una labor inútil el intentar hacerla explícita y mejorarla con buenos argumentos. Puede que el conocimiento de la filosofía de la ciencia no sea necesario para hacer buena ciencia (seguramente no lo es), pero tampoco es desde luego perjudicial para el científico. Le serviría para descartar, por ejemplo, de entre sus supuestos filosóficos los que se hayan mostrado como insostenibles en el debate filosófico a lo largo de los años.

A veces se dice, sin embargo, que la filosofía de la ciencia se hace de espaldas a la propia ciencia y por personas que la desconocen. No vamos a negar que en algún caso esto haya podido ser así, pero es muy dudoso que quepa descalificar de este modo a la filosofía de la ciencia realizada por los autores más prestigiosos. Todos los grandes filósofos de la ciencia o se han formado como científicos y luego se han pasado al campo de la filosofía o son filósofos de formación pero con estudios complementarios de ciencia. Popper era licenciado en física, al igual que Kuhn y Feyerabend; y lo son también Larry Laudan y Ronald Giere. Carnap había estudiado matemáticas y física, y lo mismo Lakatos. Philip Kitcher e Ilkka Niiniluoto se formaron como matemáticos. No obstante, aunque esto muestra que muchos filósofos de la ciencia tienen conocimientos de primera mano sobre la misma, no significa que para ser un buen filósofo de la ciencia haya que haber cursado necesariamente una licenciatura en ciencias. Algunos de los mejores han adquirido sus conocimientos científicos con posterioridad, como Michael Ruse, Elliott Sober y David L. Hull en el campo de la biología o Patricia Churchland en el campo de las ciencias cognitivas.

Por otra parte hay ejemplos, aunque podemos concederle a Wolpert que en las ciencias naturales no son muy numerosos, de cómo la filosofía de la ciencia ha ejercido una influencia directa y positiva en la investigación científica. Uno de ellos es reconocido por el propio Wolpert. Se trata del caso de Ernst Mach. En su obra de 1883 *Desarrollo histórico-crítico de la mecánica* realizó una crítica filosófica de los conceptos newtonianos de espacio y tiempo absolutos que ejerció una gran influencia sobre Einstein. Mach era un defensor del fenomenismo. El fenomenismo es la tesis según la cual los objetos que percibimos no son sino construcciones de nuestras sensaciones o «fenómenos». Un tiempo y un espacio absolutos no tienen sentido desde esta perspectiva, ya que no tenemos ninguna sensación sobre ellos. Mach rechazó el tiempo absoluto porque «no puede ser medido por ningún movimiento, no tiene pues ningún valor práctico ni científico; nadie está autorizado a decir que sabe algo de él; no es sino un ocioso concepto 'metafísico'» (Mach, s. f., pág. 190). E igual hizo con el espacio absoluto: «Nadie puede decir algo sobre el espacio absoluto o sobre el movimiento absoluto, que no sean meras abstracciones sin manifestación po-

sible en la experiencia» (Mach, s. f. pág., 194). Es también un caso conocido la influencia que las disputas filosóficas y metodológicas entre Bohr y Heisenberg por un lado y entre Bohr y Einstein por el otro tuvieron en la formulación de los fundamentos de la teoría cuántica. Y no se puede decir que estas diferencias filosóficas quedaron sólo en el plano teórico, aunque una clarificación en este plano habría sido ya una contribución apreciable al avance de la ciencia. El experimento mental conocido como paradoja Einstein-Podolski-Rosen, que tiene su origen en estas disputas, y más en particular en las convicciones realistas y deterministas de Einstein, ha dado lugar posteriormente a resultados experimentales que han permitido establecer, por ejemplo, que no son posibles teorías locales de variables ocultas (cfr. Diéguez, 1996). Finalmente, se puede citar también el caso de la filosofía de la biología; un ámbito en el que se produce una colaboración particularmente activa entre científicos y filósofos. Baste recordar el papel que la filosofía de Popper ha desempeñado en el debate entre diferentes escuelas taxonómicas, o la contribución que se ha hecho desde la filosofía en la aclaración y articulación de algunas tesis evolucionistas, así como de algunos conceptos como el de 'eficacia biológica' (*fitness*) o el de 'especie'.

3. ¿ES LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA UNA DISCIPLINA DESCRIPTIVA O NORMATIVA?

Queda aún una cuestión importante por aclarar en lo que se refiere la tarea de la filosofía de la ciencia: ¿ha de entenderse la filosofía de la ciencia como una disciplina capaz de dictar normas acerca del modo en que debe procederse para hacer ciencia de forma más eficiente o más racional, con independencia de que esas recomendaciones sean oídas o no por los científicos? ¿O debe limitarse, por el contrario, a decir simplemente cómo ha sido hecha en realidad la ciencia hasta el momento? ¿Debe emitir juicios acerca de los métodos y valores que servirían para mejorar su práctica, o debe circunscribirse a una descripción de los que han sido empleados por los científicos a lo largo de la historia, absteniéndose de cualquier tipo de recomendación o legitimación? Dicho brevemente: ¿es la filosofía de la ciencia una disciplina *normativa* o *descriptiva*?

Si revisamos lo que han hecho los filósofos de la ciencia, nos encontraremos con que ambas concepciones de la disciplina han sido mantenidas. Así por ejemplo, es fácil reconocer el normativismo en el proyecto de Ciencia Unificada defendido por el Círculo de Viena. No sólo pretendían una fundamentación lógica de las ciencias. Ese proyecto abrigaba en el fondo el propósito de desarrollar las ciencias humanas y sociales tomando como modelo los métodos y procedimientos de las ciencias naturales, en particular los de una física reconstruida mediante la lógica. Contenía, pues, un mandato implícito pero claro para los científicos sociales: el modo de elevar el nivel científico de las ciencias humanas y sociales es adoptar el método científico tal como se ha venido aplicando en las ciencias naturales desde Galileo en adelante; abandonando supuestos métodos alternativos (como la comprensión o la empatía) e introduciendo has-

ta donde sea posible la experimentación y la matematización. De hecho, la mera idea de ofrecer reconstrucciones de las teorías científicas en forma axiomática y de proponer dicha forma axiomática como modelo idealizado para la articulación de las teorías es una señal clara del prescriptivismo que impregnaba las propuestas del Círculo de Viena.

Asimismo, los criterios de demarcación entre ciencia y no-ciencia propuestos no sólo por el neopositivismo, sino también por Popper y por Lakatos fundamentalmente (véase Capítulo 4), son ejemplos de filosofía de la ciencia normativa, ya que pretenden establecer un marco normativo para determinar lo que es ciencia y lo que no lo es. Desde este marco normativo se establece lo que es buena ciencia, lo que es un comportamiento racional en ciencia, lo que es jugar limpio en ciencia, ..., y se prescribe de forma más o menos clara que los científicos han de comportarse de acuerdo con esa imagen ideal. En caso contrario, tanto peor para ellos y para la ciencia.

Por otro lado, en la obra de Kuhn, un autor que reaccionó fuertemente contra este intento, encontramos una filosofía de la ciencia que se marcaba el propósito explícito de permanecer apegada a la historia real de la ciencia y alejada de preconcepciones o de «reconstrucciones racionales». Aunque Kuhn no negó que sus ideas pudieran tener ciertas consecuencias normativas —de hecho afirma que su filosofía es a la vez descriptiva y normativa (cfr. Kuhn, 1972b, pág. 237 y 2000, pág. 130)—, es evidente que el objetivo más destacado de su obra es el de socavar diversos prejuicios provenientes de doctrinas filosóficas que, según su opinión, han idealizado a la ciencia e impiden realizar una descripción del modo en que se ha producido realmente el cambio científico a lo largo de la historia. Kuhn no pretende diluir, sin embargo, la labor del filósofo de la ciencia en la del historiador de la ciencia. El filósofo, más que en la narración histórica, está interesado en las consecuencias que puedan seguirse de ella para forjar una imagen adecuada de la práctica científica. El filósofo realiza generalizaciones que pretenden ser válidas en todo tiempo y lugar, mientras que el historiador sólo busca explicar algo que aconteció en un tiempo y lugar (cfr. Kuhn, 1982, pág. 29). Pero sus propuestas deben realizarse desde el conocimiento de la historia de la ciencia. Quizás haya habido otros filósofos de la ciencia más descriptivistas que Kuhn (cfr. Losee, 1989, págs. 149 y sigs.), pero pocos que hayan acercado tanto la filosofía de la ciencia a la historia de la ciencia, al menos a cierta historia de la ciencia (y, paradójicamente, que hayan insistido tanto en la inutilidad de la filosofía de la ciencia para el historiador de la ciencia).

¿Quién tiene la razón en este asunto, los descriptivistas o los prescriptivistas? Para empezar, convendría insistir en que la filosofía de la ciencia no puede ser una mera descripción de lo que hace el científico cuando dice que hace ciencia, pues la simple selección de los aspectos de su actividad que se estiman relevantes para efectuar una descripción adecuada supondría ya un concepto previo de lo que es ajustado a una auténtica investigación científica. Además, los científicos aprenden su oficio de libros, maestros y colegas influidos por teorías filosóficas (normativas) de la ciencia (cfr. Niiniluoto, 1991). Una filosofía de

la ciencia que quisiera permanecer limitada a aspectos descriptivos tendría que renunciar al uso directo de conceptos normativos o valorativos como 'justificado', 'racional', 'confirmado', 'verdadero', etc. Y es difícil ver cómo podría seguir siendo entonces *filosofía* de la ciencia (cfr. Rodríguez Alcázar, 2000, cap. 1).

Sin embargo, la filosofía de la ciencia tampoco puede ser un sistema *a priori* de teorías a partir de las cuales obtener normas de actuación para los científicos que sean completamente ajenas a las que su propia competencia profesional les marca. Una filosofía de la ciencia fructífera y realista debe ser compatible con las características fundamentales que los científicos atribuyen a su propia actividad, así como con el desarrollo histórico de las ciencias. Por ello, hoy en día sería muy difícil de aceptar una posición como la de Carnap, quien pensaba que su sistema de lógica inductiva y su teoría de la confirmación no eran válidos para explicar el funcionamiento real de la ciencia y su despliegue histórico. Esto no implica que los filósofos de la ciencia, desde la perspectiva que proporcione el conocimiento de lo que ha funcionado bien en el pasado y de lo que podría funcionar bien desde un punto de vista lógico, no puedan realizar prescripciones a los científicos acerca del modo de mejorar la investigación. Así lo han hecho algunos con buenos resultados, como es el caso de Popper, aunque en la actualidad sean mucho más reacios a hacerlo.

Ahora bien, incluso si los filósofos de la ciencia dejaran por completo de hacer prescripciones a los científicos, no por ello la filosofía de la ciencia se convertiría en una disciplina puramente descriptiva, puesto que, como hemos dicho, parece inevitable en ella el uso de conceptos valorativos.

Una solución de compromiso fue ofrecida por Larry Laudan. En su libro *El progreso y sus problemas* defendió una síntesis entre el elemento descriptivo y el elemento normativo en la filosofía de la ciencia. Según Laudan, el filósofo de la ciencia posee, antes de la construcción de sus teorías, ciertas *intuiciones preanalíticas* acerca de la racionalidad científica, como por ejemplo: «era racional aceptar la mecánica newtoniana y rechazar la mecánica aristotélica en 1800», o «era racional para los médicos rechazar la homeopatía y aceptar la medicina farmacológica en 1900» (Laudan, 1977, pág. 160). Un modelo filosófico de racionalidad científica —pensaba en ese primer momento Laudan— debía conducir a la aceptación de la mayoría de esas intuiciones preanalíticas, por otra parte bastante comunes y obvias. Las intuiciones previas acerca de qué casos históricos pueden ser considerados como arquetipos de racionalidad serían la *piedra de toque* para evaluar y justificar las propuestas metodológicas con las que juzgar a su vez la racionalidad de los demás episodios de cambio de teorías. En otras palabras, un modelo de racionalidad científica válido debía ser descriptivo con respecto a esos casos paradigmáticos e intuitivos, pero debía ser normativo con respecto a los demás episodios históricos más «borrosos»:

Como en la ética, así en la filosofía de la ciencia: no invocamos un conjunto elaborado de normas para explicar los casos obvios de evaluación normativa (no necesitamos que la ética formal nos diga si el asesinato de un niño sano

es moral), sino más bien para ayudarnos en ese conjunto mayor de casos en los que nuestras intuiciones preanalíticas no están claras (Laudan, 1977, págs. 162-163).

Con posterioridad, Laudan llegó a la conclusión de que no existían esas intuiciones preanalíticas entendidas como juicios unánimes y permanentes (cfr. Laudan, 1986). Pero el naturalismo normativo que desarrolló en su lugar mantuvo también un compromiso entre el elemento normativo y el elemento descriptivo en la filosofía de la ciencia. Según ese naturalismo normativo, las normas que pueda establecer la filosofía de la ciencia han de entenderse como *imperativos hipotéticos* que conectan medios y fines, es decir, como enunciados de la forma: «si tu fin (cognitivo) es conseguir A (teorías fiables, por ejemplo), entonces un buen medio para ello es hacer B en lugar de C». El elemento descriptivo no desaparece en este enfoque porque la validez de dichas normas ha de ser establecida empíricamente a través del estudio de casos históricos. Tenemos, por tanto, que un análisis descriptivo de la (historia de la) ciencia sirve como base para sustentar una serie de propuestas normativas, que, por supuesto, serán revisables en función de lo que puedan aportar nuevas evidencias empíricas.

En una línea muy parecida se ha expresado también Ronald Giere, con la diferencia de que los estudios empíricos más útiles para basar la propuesta de las normas hipotéticas en epistemología no son, en su opinión, los de la historia de la ciencia, sino los de diversas disciplinas científicas involucradas en el análisis del conocimiento (ciencias cognitivas, biología evolucionista, etc. (cfr. Giere, 1999, págs. 53 y 72 y sigs.). En general, puede decirse que con el desarrollo reciente de la *epistemología naturalizada* (de la que Laudan y Giere son buenos ejemplos) se ha producido un resurgimiento del descriptivismo, pero sin abandonar el normativismo. Para el naturalista moderado, el conocimiento empírico acerca de los procedimientos que empleamos *de hecho* para fijar nuestras creencias es relevante para la discusión acerca de las normas que han de emplearse para justificar dichas creencias, por ejemplo para no promover normas que resultan irrealizables en la práctica (véase sección siguiente). Por ello, cuanto mejores teorías empíricas tengamos sobre el conocimiento, mejores normas epistémicas podremos obtener, ya que serán más eficientes para la consecución de los objetivos pertinentes. Lo cual no quiere decir que las normas mismas sean naturalizadas. Las normas epistémicas hacen referencia a valores que no pueden ser reducidos a información empírica.

Ha habido también autores que han rechazado los términos del dilema. Para José Díez y C. U. Moulines (1997), y ésta es una postura que también asumiremos aquí, la filosofía de la ciencia describe, prescribe e interpreta; y no es correcto atribuirle alguna de estas tareas en exclusiva. El hecho de que describa no excluye que pueda también prescribir, puesto que la ciencia es una actividad regida por reglas convencionales (como el lenguaje) y en tal caso, al hacer explícitas dichas reglas, sólo implícitamente conocidas por los practicantes, mediante su descripción, resulta posible también evaluar si han sido seguidas o

no en determinados casos y establecer así si la investigación ha procedido correctamente. Describir y prescribir serían, en estas circunstancias, tareas estrechamente conectadas. El carácter normativo no consiste aquí en decidir autónomamente qué reglas deben seguirse, sino en decidir qué reglas deben seguirse porque son *de hecho* las que rigen la práctica científica. Una situación análoga se presenta en disciplinas como la lógica y la gramática. Pero además, la filosofía de la ciencia presenta, de acuerdo con estos autores, una faceta interpretativa, como cuando se ocupa del análisis y reconstrucción de las teorías científicas.

En función de lo dicho, cabe, pues, razonablemente aceptar que la filosofía de la ciencia describe, prescribe e interpreta, pero debe ser consciente de los límites de cada una de las tres tareas. Sus descripciones dependen de evaluaciones previas que introducen desde el principio un componente normativo o prescriptivo inevitable. No hay descripción de la actividad científica si antes no hay una decisión normativa acerca de qué debe considerarse como tal cosa. Sus prescripciones deben estar muy atentas a lo que ha sido la práctica real de los científicos, pues no tendría sentido una filosofía de la ciencia que dictara normas a los científicos desde consideraciones *a priori* sobre lo que debe ser la ciencia, ni tendría sentido tampoco una visión tan estrecha de la ciencia que declarara poco o nada aceptable desde el punto de vista racional casi todo lo hecho hasta el momento en la ciencia. No se trata, por tanto, con las prescripciones de enmendarles la plana a los científicos, sino de ayudarles recordándoles qué es lo que ha funcionado bien en otras ocasiones similares a las que ellos puedan encontrar hoy. Finalmente, sus interpretaciones son siempre realizadas desde supuestos que pueden variar, y que de hecho han variado, con el tiempo.

4. ¿IMPORTANCIA DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA Y DE OTRAS DISCIPLINAS PARA LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA?

«La filosofía de la ciencia sin la historia de la ciencia está vacía; la historia de la ciencia sin la filosofía de la ciencia es ciega» (Lakatos, 1982, pág. 11). Esta paráfrasis de la célebre frase de Kant con la que Imre Lakatos comienza una de sus obras más importantes se ha convertido en uno de los lemas más citados y ampliamente compartidos por la comunidad actual de filósofos de la ciencia.

Ni la filosofía del Círculo de Viena ni la de Popper vieron nunca sus propuestas como algo que podía ser revisado a la luz de la historia de la ciencia. Evidentemente, tanto los neopositivistas como Popper tenían un conocimiento profundo de la historia de la ciencia, con variaciones según los casos, y sus propuestas estaban basadas en dicho conocimiento, muy especialmente, en el de la ciencia contemporánea. Pero la filosofía neopositivista se presentaba como una reconstrucción racional de la ciencia, con clara conciencia, por tanto, de que la historia real no se había desarrollado según esa imagen ideal. En cuanto a Popper, no creía que la historia de la ciencia sirviera para contrastar las teorías de la filosofía de la ciencia, pues ésta no era para él una disciplina empírica (cfr. Pop-

per, 1985b, pág. 29). Como reacción a esta actitud, la filosofía de la ciencia, a partir de los años 50, y sobre todo en los 60, dirigió su mirada de forma decidida hacia la historia de la ciencia, no sólo como fuente de la que podían extraerse ejemplos para ilustrar las teorías filosóficas, sino —lo que es más importante— como *elemento de juicio* para poner a prueba la validez de dichas teorías. La filosofía de la ciencia se aproximaba de este modo a las ciencias empíricas en la medida en que sus propuestas teóricas acerca de cómo se ha desarrollado la ciencia debían contrastarse con los datos proporcionados por la historia de la ciencia.

Autores como Hanson, Kuhn, Toulmin, Feyerabend, Buchdahl, Polanyi, etcétera, fueron los artífices de este giro hacia la historia. «El rasgo más destacado de este nuevo enfoque —escribe Harold Brown (1983, pág. 11)— es el rechazo de la lógica formal como herramienta principal para el análisis de la ciencia, y su sustitución por la confianza en el estudio detallado de la historia de la ciencia.» No obstante, conviene tener presente que, por un lado, esta conexión estrecha entre la filosofía de la ciencia y la historia de la ciencia no era nueva. Ya fue practicada por William Whewell, Pierre Duhem, Ernst Mach y Alexander Koyré. Y, por otro lado, las herramientas formales de análisis no han desaparecido, sino que forman parte fundamental de algunos enfoques, como el que ofrece la concepción semántica de las teorías; incluso para el estudio de los procesos dinámicos de cambio científico.

Así pues, desde la década de los 60 hasta nuestros días la filosofía de la ciencia ha estrechado lazos con la historia de la ciencia. Curiosamente, no se puede decir que la historia de la ciencia haya correspondido a su vez con la misma actitud (cfr. Laudan, 1990b). Más bien al contrario, a medida que ha ido alcanzando mayor madurez como disciplina, la historia de la ciencia ha reivindicado y conseguido una mayor independencia de la filosofía de la ciencia.

El acercamiento de la filosofía de la ciencia a la historia de la ciencia ha favorecido, en primer lugar, que surjan nuevas vías de investigación alternativas que han permitido eludir el callejón sin salida de las disputas escolásticas en las que, en opinión de muchos, parecía haberse metido en sus momentos finales la filosofía neopositivista. Además, como escribió Kuhn, «la historia de la ciencia puede contribuir a salvar la brecha que hay entre los filósofos de la ciencia y la propia ciencia, la cual puede ser para ellos tanto una fuente de problemas como de datos» (Kuhn, 1982, pág. 37). Pero, sobre todo, el resultado más importante de este giro hacia la historia ha sido introducir entre los fines primarios de toda teoría filosófica sobre la ciencia el deseo de ofrecer una imagen lo más ajustada posible del desarrollo histórico de la misma, poniendo con ello de relieve la existencia de factores extracientíficos (sociales, psicológicos, económicos, políticos, éticos, etc.) que inevitablemente intervienen en dicho desarrollo. La imagen de la ciencia que ha surgido de este modo es menos monolítica y menos «racionalista» que la ofrecida por el neopositivismo, pero sin duda es también más sutil y menos idealizada.

No debe pensarse, sin embargo, que hubo unanimidad de criterios entre los autores que propiciaron el giro historicista. Como ha subrayado Ronald

Giere (1999, págs. 16-17), de hecho, muchos de ellos (Lakatos, Shapere, McMullin, Toulmin, Laudan) se opusieron a las tesis centrales de la visión kuhniana del cambio científico. Tiene también interés la observación de Giere de que la reacción a Kuhn entre los filósofos de tradición analítica no fue un mayor acercamiento a la historia de la ciencia, sino a la ciencia contemporánea, sobre todo a la física y a la biología. En realidad, la versión habitual de la historia de la filosofía de la ciencia en el siglo xx como un período inicial dominado exclusivamente por el positivismo lógico seguido de un período dominado por el historicismo es, hasta cierto punto, una simplificación. Han coexistido siempre enfoques diversos, aunque esa diversidad sea hoy más notoria que antes, y desde luego los temas de interés del positivismo lógico no han desaparecido de la agenda de los filósofos de la ciencia. Desde la perspectiva actual puede afirmarse que el giro historicista abrió la puerta no sólo a una profundización en el estudio del trabajo hecho por los historiadores, sino también a una actitud más atenta a los problemas filosóficos suscitados en la propia ciencia, en lugar de a los problemas que al filósofo le interesa suscitar al hilo de la ciencia.

Pero la historia de la ciencia no es la única disciplina afín que interesa al filósofo de la ciencia. La crítica que el filósofo norteamericano W. v. O. Quine efectuó en 1951 a la distinción analítico/sintético tuvo, entre otras muchas, la consecuencia de socavar una de las bases en las que se había sustentado hasta entonces la epistemología: la idea de que la tarea de analizar el conocimiento humano, en la medida en que era una tarea filosófica, podía hacerse de forma *a priori*, ya fuera mediante el análisis conceptual, lógico, o trascendental, sin necesidad de recurrir a los propios resultados de la investigación empírica. En 1969, en un trabajo titulado «La naturalización de la epistemología», Quine defendió la tesis de que este modo de proceder era erróneo y que la epistemología debía naturalizarse. Dicha naturalización significaba que la epistemología debía abandonar los procedimientos especulativos y *a priori* que la venían caracterizando y pasar a formar parte de las ciencias empíricas; en particular, según Quine, de la psicología. Esta propuesta de naturalización de la epistemología ha tenido un éxito creciente desde entonces y ha tomado diversas formas. No todos sus defensores aceptan, sin embargo, la disolución de la epistemología en una ciencia empírica, sea la psicología o cualquier otra. Para muchos, de lo que se trata es de propiciar un acercamiento entre la epistemología y las ciencias empíricas, de modo que la epistemología deje de ser una disciplina con pretensiones de fundamentación de la ciencia y pase a ser un campo en el que la investigación se produzca tomando como base los resultados de aquellas ciencias que, de un modo u otro, tienen algo que decir sobre el conocimiento. En todo caso, la corriente en favor de la naturalización de la epistemología ha tenido el efecto positivo de propiciar un intenso debate interdisciplinar en el que los filósofos y los científicos pertenecientes a distintas disciplinas han participado de manera fructífera.

Siguiendo al filósofo Tom Nickles (cfr. Callebaut, 1995, págs. 71), puede señalarse la existencia de tres oleadas de «naturalización» —o, si se quiere, de información e investigación empírica— en la filosofía de la ciencia. La primera,

tal como hemos descrito, ocurrió en torno a la década de los 60 y consistió en sustentar los modelos de cambio científico sobre *estudios históricos* detallados en lugar de sobre preconcepciones filosóficas o reconstrucciones lógicas. La segunda, que más que una oleada de naturalización debería ser calificada como una oleada de socialización, pero que en definitiva también realizó importantes estudios empíricos sobre la ciencia, tuvo lugar en la década de los 70. Influidos en buena medida por los planteamientos de Kuhn, sociólogos de la Universidad de Edimburgo (Barry Barnes y David Bloor), y luego otros como Bruno Latour, Harry Collins, Trevor Pinch, Steve Woolgar y Karin Knorr-Cetina iniciaron una serie de estudios que trataban de poner de relieve el carácter básicamente social del desarrollo y del cierre de las controversias en el ámbito de la investigación científica. La ciencia era mostrada en ellos como una actividad socialmente articulada y su producto, las teorías científicas, como algo socialmente construido. A partir de entonces la *sociología de la ciencia* se ha convertido en un enfoque imprescindible de la ciencia; complementario para unos, alternativo para otros, de la filosofía de la ciencia. Veremos algo más sobre este enfoque en el Capítulo 8. La tercera oleada de naturalización en la epistemología se ha producido en la década de los 80 y ha tomado dos orientaciones principales. Por un lado, la que se basa en los avances recientes de la psicología cognitiva (estudios empíricos sobre razonamiento, percepción, clasificación, etc.) y de las restantes *ciencias cognitivas*, especialmente la Inteligencia Artificial; por otro, la que se basa en ciertas disciplinas biológicas, especialmente la *biología evolucionista* (psicología evolucionista, paleoantropología cognitiva), pero también la neurobiología.

Ronald Giere, Alvin Goldman, Paul Thagard y Paul Churchland son algunos de los representantes más destacados entre los que toman como referencia a las ciencias cognitivas (cfr. Martínez Freire, 1997). La esperanza que anima este enfoque es —en palabras de Giere— «que las ciencias cognitivas puedan llegar a desempeñar en relación con la filosofía de la ciencia el mismo papel que desempeñó la lógica formal para el positivismo lógico o que desempeñó la historia de la ciencia para la escuela histórica» (Giere [ed.], 1992, pág. XV).

Cuando se habla del tema de estudio propio de las ciencias cognitivas se suele decir que éste es el fenómeno de la *cognición* (allá donde pueda darse, ya sea en hombres, animales o máquinas). Quizá haya quien se pregunte por qué se habla de 'cognición' en lugar de 'conocimiento'. La razón no es otra que la de evitar las connotaciones metafísicas que suele arrastrar este último término y las disonancias que podría producir su uso en los nuevos ámbitos en los que habría de aplicarse (animales y máquinas). Porque si bien las ciencias cognitivas tratan de responder a los viejos interrogantes filosóficos de la epistemología tradicional, quieren hacerlo desde un punto de partida científico, que evite en la medida de lo posible las implicaciones filosóficas no deseadas. De ahí el empleo del término 'cognición'.

Una de las consecuencias principales que ha tenido para la epistemología el influjo de las ciencias cognitivas ha sido el que las cuestiones sobre la naturaleza del conocimiento y la justificación de nuestras creencias cedan sitio a lo que

se considera la cuestión central: el problema de la representación del conocimiento, esto es, el problema de «cómo representar cuerpos amplios de conocimientos de tal modo que puedan ser utilizados para guiar la conducta y para entender y producir el lenguaje» (Stillings y cols., 1995, pág. 368).

No obstante, la preocupación común de los autores antes citados, y de algunos otros, por desarrollar un análisis científico de la propia ciencia usando para ello el punto de vista y la metodología de las ciencias cognitivas no significa que no haya entre ellos profundas discrepancias. Así por ejemplo, Giere se ha manifestado como particularmente crítico con el enfoque que desde la Inteligencia Artificial (IA) propugna Paul Thagard (cfr. Thagard, 1988 y 1992). Para Giere los modelos computacionales de la ciencia son como una especie de «empirismo lógico con computadora» (Callebaut [ed.], 1993, pág. 350). En su opinión, los enfoques desde la IA descontextualizan demasiado el conocimiento científico y dejan fuera el contenido (no sintáctico) de la ciencia, o sea, todo lo que tiene que ver con el modo en que se interpreta el contenido meramente sintáctico. Sin embargo, aunque la IA clásica y el conexionismo moderado de Thagard no le convencen, Giere muestra su simpatía por el conexionismo radical de Paul Churchland que abandona la idea de que el cerebro sea un procesador de lenguaje y utiliza representaciones distribuidas en lugar de redes proposicionales, como las de Thagard, en las que las representaciones (proposiciones) están localizadas. Por nuestra parte, sería prematuro hacer aquí un juicio de valor sobre estos enfoques que vaya más allá de saludar su aparición y señalar que ya han producido consecuencias de interés para los debates tradicionales en filosofía de la ciencia (cfr. Martínez Freire, 1997).

Como hemos dicho, también ha cobrado fuerza desde los años 80, aunque tiene antecedentes muy anteriores, una corriente naturalista que recurre a la *biología* para explicar las bases evolutivas de las capacidades perceptivas y cognitivas humanas; y dado que es la teoría de la evolución la que suele utilizarse como recurso explicativo principal, este enfoque suele denominarse 'epistemología evolucionista'. La epistemología evolucionista parte del convencimiento de que estas capacidades cognitivas, e incluso muchas de sus estructuras concretas, son el producto de la selección natural. El propio Quine había sugerido que la teoría darwinista de la evolución era un elemento imprescindible para dar cuenta del carácter fiable de muchas de nuestras creencias. Konrad Lorenz, Rupert Riedl, Michael Ruse y Gerhard Vollmer son, en este caso, los nombres más relevantes. Ya en la década de los 70, Karl Popper, Stephen Toulmin y Donald Campbell habían utilizado la teoría de la evolución como una analogía para explicar el proceso de cambio de teorías en la ciencia. El cambio de teorías seguiría un proceso de variación, selección y retención similar al que actúa en la evolución de las especies biológicas. Pero este enfoque no era aún un enfoque naturalista.

¿Qué se puede decir desde la teoría de la evolución acerca de las capacidades cognitivas humanas? Evidentemente lo que se necesita ante todo es un extenso trabajo empírico que amplíe lo poco que sabemos aún acerca del modo en que evolucionaron nuestros sentidos, nuestro cerebro o nuestras estructuras

cognitivas. ¿Cuál es la historia evolutiva de la mente humana? ¿Qué papel jugaron en dicha evolución los factores puramente biológicos (aumento del tamaño del cerebro, cambios en la estructura neuronal) y los factores culturales (lenguaje, uso de herramientas)? ¿Esta evolución fue una respuesta adaptativa al ambiente natural o al ambiente social? ¿Desde un punto de vista evolutivo, es mejor concebir la mente como una estructura modular, en la que cada módulo ha evolucionado independientemente y para propósitos específicos, o como un programa de propósito general? En otras palabras, ¿se parece la mente más a una navaja multiusos o a un ordenador? ¿Cuáles son las diferencias más importantes entre la mente humana y las mentes de otros primates superiores? Responder a estas preguntas y a otras similares es la labor que han emprendido ya algunas disciplinas como la psicología evolucionista, la paleoantropología cognitiva y la neurobiología. No obstante, desde una perspectiva filosófica cabe ya replantear cuestiones tradicionales con la esperanza de encontrar nuevas respuestas a las mismas. Una de ellas, particularmente interesante, es si desde la suposición del carácter adaptativo de nuestras capacidades cognitivas es posible inferir la fiabilidad general del conocimiento obtenido con ellas (cfr. Diéguez, 2002).

Como era de prever, estas oleadas de naturalismo no han recibido un apoyo unánime por parte de los filósofos. Quizá la que ha sido recibida con mayor hostilidad, debido en gran medida a su actitud exclusivista con respecto a las demás disciplinas metacientíficas, y muy negativa ante la epistemología filosófica tradicional, sea la proveniente de la sociología. Pero tampoco las otras han quedado sin recibir fuertes críticas.

La naturalización de la epistemología ha sido cuestionada en mayor o menor medida por todos aquellos filósofos que piensan que la epistemología está comprometida con la cuestión de la *validez* del conocimiento (de las formas en que validamos o justificamos nuestros conocimientos), mientras que la psicología cognitiva o algunas disciplinas biológicas pueden quizá proporcionar explicaciones causales de los conocimientos, pero no pueden justificarlos. Muchos epistemólogos son reacios a aceptar la relevancia de las ciencias empíricas para la epistemología. Algunos (los herederos del segundo Wittgenstein) porque consideran que las cuestiones epistemológicas son conceptuales y no empíricas; otros porque piensan que una epistemología naturalizada no deja cabida a los aspectos normativos que, a su juicio, debe incluir una disciplina interesada en determinar cómo garantizar los conocimientos. Paradójicamente —o quizás no tanto—, desde el ámbito de la sociología de la ciencia (Woolgar, 1989, por ejemplo) se ha llegado a negar la legitimidad del enfoque cognitivo de la ciencia, bajo la excusa de que usar el lenguaje de la cognición para estudiar la ciencia es prematuro, superfluo e innecesariamente mistificador; un intento erróneo y empobrecedor, en definitiva, de volver a apartar la vista del carácter socialmente construido del conocimiento (para una réplica véase Nickles, 1989).

A pesar de estas reacciones negativas, creo que puede decirse con William Bechtel que «la mayor parte de los filósofos de hoy en día [al menos en la tra-

dición filosófica angloamericana —habría que añadir—] mantendrían que la ciencia empírica es relevante para las discusiones, tanto epistemológicas como ontológicas, sobre la mente pero con todo mantienen que los problemas filosóficos son distintos de los problemas empíricos que se plantean en otras disciplinas de la ciencia cognitiva» (Bechtel, 1988b, pág. 17). Esta postura podría calificarse de naturalismo moderado, frente al naturalismo radical tipo Quine que buscaría la disolución de la epistemología en alguna ciencia empírica.

En general, las críticas que se han realizado contra la epistemología naturalizada se cifran en éstas:

- a) No es propiamente epistemología, ya que tiene un carácter descriptivo y no normativo, es decir, no sirve para *justificar* nuestros conocimientos, ni para establecer criterios de acuerdo con los cuales poder juzgar si son o no correctos.
- b) Se basa en un argumento circular, ya que para establecer la fiabilidad de nuestro conocimiento presupone que la ciencia es fiable. No puede concluir legítimamente la fiabilidad de nuestros conocimientos puesto que la da por sentada desde el principio, al menos en lo que a la ciencia se refiere.
- c) No ha ofrecido hasta el momento resultados concretos, lo que la reduce a un nivel puramente programático.

Ante la primera crítica, muchos defensores de la epistemología naturalizada niegan el presupuesto en el que se basa, es decir, no admiten que las ciencias empíricas no puedan servir como base para justificar la fiabilidad de ciertos procedimientos cognitivos o de ciertas creencias. Todo lo contrario, el lado normativo de la epistemología debería aprovecharse de los conocimientos empíricos proporcionados en la actualidad por la ciencia. Debemos utilizar lo que sabemos empíricamente acerca de qué funciona mejor a la hora de obtener conocimientos fiables para proponer normas o criterios que favorezcan esas estrategias que han mostrado su funcionalidad. Cuanto mejores hipótesis científicas tengamos sobre el conocimiento, mejores normas epistémicas podremos obtener, ya que serán más eficientes para la consecución de los objetivos cognitivos pertinentes, y más realistas. Así, el estudio científico de las capacidades cognitivas humanas y del modo en que éstas actúan puede servir para formar una mejor imagen de qué debe considerarse un *buen* conocimiento y para sugerir, allá donde sea posible, cómo mejorar la obtención de los mismos. Dicho estudio permitiría, por ejemplo, no dar por buenas normas epistémicas que impliquen ir más allá de lo permitido por esas capacidades. Por tanto, como ha argumentado Alvin Goldman (1986), la atribución de un carácter normativo y evaluativo a la epistemología no está necesariamente reñida con la admisión para ésta de una ayuda considerable proveniente desde las ciencias empíricas.

Pero esto lleva entonces a la segunda acusación: ¿cómo puede pretender evaluar la validez del conocimiento humano una disciplina que se basa en la ciencia y, por consiguiente, da por sentada dicha validez, al menos en lo que a la ciencia se refiere? Como respuesta a esta objeción, cabe en primer lugar ne-

gar la viabilidad de la posición fundacionalista desde la que se formula: no es posible acercarse al conocimiento desde cero, sin presuponer al menos la validez de ciertos conocimientos. O dicho de otra manera, es imposible encontrar una respuesta capaz de refutar por completo al escéptico. Por otra parte, puede argüirse que hay circularidad en la posición que venimos comentando, pero que ésta no es viciosa. Habría circularidad viciosa si se pretendiera que el *único* fundamento para juzgar la validez de nuestro conocimiento proviene de los resultados que pueda proporcionar la ciencia, pero no la habría si lo único que se pretendiera fuera que dichos resultados pueden arrojar luz sobre los criterios en los que basamos nuestra evaluación de los conocimientos, aunque dichos criterios se aceptaran también por otras razones (cfr. Clendinnen, 1989a). Podría afirmarse incluso que la circularidad de la epistemología naturalizada es virtuosa, más que viciosa, ya que se trataría de un fructífero ciclo de *feedback* que daría lugar a una espiral de corrección mutua: la epistemología naturalizada nos ayudaría a mejorar nuestros conocimientos empíricos y éstos nos ayudarían a mejorar la epistemología (Vollmer, 1987).

Finalmente, en cuanto a la tercera crítica, puede responderse que, en efecto, la epistemología naturalizada tiene por el momento un carácter puramente programático. Sin embargo, no parece descabellado apostar por ella como un enfoque merecedor de atención y desarrollo, y ello por dos razones principales: 1) está basada en las mejores explicaciones que tenemos de cómo pueden surgir y funcionar estructuras complejas (como la mente y las capacidades cognitivas) desde presupuestos puramente naturalistas; y 2) como señaló Kuhn, en un principio los méritos de un nuevo enfoque teórico se han de medir por la promesa de éxito más que por los resultados concretos obtenidos, y la epistemología naturalizada es muy prometedora en este sentido.

CAPÍTULO 2

Conceptos fundamentales

1. MODOS DE INFERENCIA: DEDUCCIÓN E INDUCCIÓN

La ciencia, entre otras cosas, es una actividad intelectual en la que se realizan razonamientos o inferencias, es decir, en la que se obtienen conclusiones a partir de determinadas premisas. Las dos formas que toma el razonamiento científico son la deducción y la inducción, y a ellas dedicaremos ahora nuestra atención.

La *deducción* es aquel modo de inferencia en el que la conclusión se sigue demostrativamente de las premisas, con lo que queda totalmente fundamentada por éstas. En una inferencia deductiva correcta o válida no es posible que sean verdaderas las premisas y que al mismo tiempo sea falsa la conclusión, por lo tanto, si se acepta la verdad de las premisas debe obligatoriamente aceptarse la verdad de la conclusión. En este sentido se dice que las inferencias deductivas son *preservadoras de la verdad*. Adviértase que la verdad de un argumento y su corrección formal son dos cosas distintas. Un argumento puede ser correcto formalmente sin ser verdadero en su contenido, y puede ser verdadero en su contenido sin ser correcto formalmente.

En la lógica formal, una inferencia deductiva válida consiste en la transformación de unos enunciados (las premisas) en otro (las conclusiones) a través de un proceso intermedio, de extensión y complejidad variable, en el que se utilizan las reglas de la lógica deductiva como base para dichas transformaciones. Estas reglas establecen relaciones formales entre ciertos símbolos que pretenden recoger elementos fundamentales del lenguaje ordinario y científico (enunciados, predicados, conectivas) relevantes en la estructura de los razonamientos. A diferencia de las inferencias inductivas, que ahora comentaremos, no son

inferencias ampliativas, es decir, la conclusión se limita a desplegar una información que ya estaba implícita en las premisas. Consideremos algunos ejemplos de inferencias deductivas.

Ejemplo 1: Todas las ballenas son mamíferos y todos los mamíferos tienen la sangre caliente, por lo tanto todas las ballenas tienen la sangre caliente.

Ejemplo 2: Si una teoría es completa, todo elemento de la realidad física ha de tener una contrapartida en la teoría. Si podemos predecir con certeza el valor de una cantidad física sin perturbar el sistema de ningún modo, entonces esa cantidad física es un elemento de la realidad. Podemos predecir con certeza el momento y la posición de una partícula subatómica B sin perturbarla (haciendo las mediciones pertinentes sobre otra partícula A que interactuó con ella en el pasado). Luego el momento y la posición de B son elementos de la realidad. Pero la posesión simultánea de momento y posición por parte de una partícula subatómica no tiene contrapartida en la teoría cuántica. Por tanto, la teoría cuántica no es completa. (Argumento de Einstein, Podolski y Rosen, en favor de la incompletud de la teoría cuántica.)

Ejemplo 3: La probabilidad de encontrar en la población un alelo recesivo de un gen autosómico causante de una enfermedad genética en el ser humano cuando está en homocigosis es de $p = 0,1$. El ser humano es diploide. Por tanto, la frecuencia de enfermos en la población será de $p^2 = 0,01$.

Ejemplo 4: Sabemos que $E = mc^2$ (ecuación de Einstein que iguala la energía de un sistema con su masa multiplicada por la velocidad de la luz al cuadrado); sabemos también que $E = h\nu$ (ecuación de Planck que establece que la energía es siempre emitida o absorbida —y en general, toda radiación de energía en tránsito se distribuye en el espacio— en cantidades discretas [*quanta*] cuyo valor es [múltiplo entero de] la frecuencia de oscilación multiplicada por una constante h [constante de Planck]); y finalmente sabemos que $v = c/\lambda$ (la frecuencia de una onda es igual a su velocidad, en este caso la velocidad de la luz c , dividida por su longitud λ); luego $h\nu = hc/\lambda$, o lo que es igual, $\lambda = h/mc$. Por lo tanto, $\lambda = h/p$. (Este razonamiento, cuya autoría es de Louis de Broglie, es la idea base de la mecánica ondulatoria. En su tesis doctoral [1924] De Broglie sostuvo que «una onda puede ser una partícula y una partícula puede ser una onda». Como se ve en la conclusión del esquema de razonamiento que presentamos, toda partícula en movimiento tiene asociada una onda cuya longitud de onda es $\lambda = h/p$, donde p es el momento de la partícula [mv].)

En cuanto a la *inducción*, quizás la mejor forma de definirla sea contraponiéndola a la deducción. La inducción sería entonces aquel modo de inferencia en el que la conclusión no se sigue demostrativamente de las premisas, sino que sólo obtiene de éstas un cierto grado de apoyo o de fundamentación. Puede decirse que las premisas proporcionan una buena razón para aceptar la conclusión, o que ésta se sigue de aquéllas no con necesidad lógica, sino sólo con probabilidad. Un argumento inductivo será tanto mejor cuanto mayor sea el apoyo que las premisas presten a la conclusión, es decir, cuanto más probable hagan a la conclusión.

A diferencia de lo que sucede en la deducción, en la inducción la verdad de las premisas no implica la verdad de la conclusión. Podemos tener una inferen-

cia inductiva en la que lleguemos a una conclusión falsa a partir de premisas verdaderas y, sin embargo, la regla inductiva que sigue dicha inferencia puede conducir de hecho en muchas otras ocasiones a conclusiones verdaderas. Esto hace que el argumento pueda ser lógicamente aceptable pese al hecho de llegar a una conclusión falsa desde premisas verdaderas. Una forma más clara de decirlo es ésta: las conclusiones de las inferencias inductivas están sujetas a excepciones. Pueden ser verdaderas en muchos casos, pero falsas en otros. Y esas excepciones no inutilizan el argumento.

Se dice también que la inducción es una inferencia ampliativa, puesto que hay siempre más información en la conclusión de la que se contiene en las premisas, cosa que no sucede en la deducción. La conclusión, por ejemplo, puede referirse a individuos de los que nada se dice en las premisas; o a momentos futuros del tiempo, mientras que las premisas lo hacen a momentos pasados; o viceversa. Este carácter ampliativo ha dado lugar a una intensa discusión desde Hume en adelante acerca de cómo justificar el salto hacia una mayor información.

Dada la variedad de posibilidades, no hay una tipología estándar de las formas que puede adoptar la inducción, pero una clasificación útil podría ser ésta:

- a) *Enumeración simple*: Si una serie indefinida de casos coinciden en una propiedad (o en su carencia), se generaliza y se concluye que todos los casos la presentan (o carecen de ella); o bien se infiere que el siguiente caso observado la presentará (o carecerá de ella). Cuanto mayor sea el número de casos observados, tanta más fuerza tendrá el argumento. En el caso extremo, si hemos examinado todos los casos posibles y todos coinciden en una propiedad, la conclusión se establece deductivamente, no inductivamente. Es-taríamos entonces ante lo que impropriamente se conoce como 'inducción por enumeración completa'.

El esquema de la inducción por enumeración simple sería:

A_1 es B

A_2 es B

A_3 es B

...

A_n es B

Por lo tanto, todos los A son B

O bien:

Por lo tanto, A_{n+1} es B

Ejemplo: Juan (que es un ser humano) es mortal, Luisa (que es un ser humano) es mortal, Antonio (que es un ser humano) es mortal, María (que es un ser humano) es mortal, ... Luego todos los seres humanos son mortales. O bien: Luego Alberto (que es un ser humano) es también mortal.

- b) *Inducción eliminativa*: Su origen puede retrotraerse a las tablas de presencia y ausencia de Bacon, mediante las cuales llegó a establecer que el calor está relacionado con el movimiento. También puede considerarse como in-

ducción eliminativa el método de la diferencia y el método conjunto de la concordancia y la diferencia de John Stuart Mill. Es un procedimiento inferencial especialmente útil en la detección de las causas de un fenómeno. Básicamente, se razona del siguiente modo: si siempre que se da un determinado fenómeno concurre la circunstancia c , y cuando falta c , permaneciendo todo lo demás igual, no se da el fenómeno, entonces c es la causa o forma parte de la causa del fenómeno (al menos como condición necesaria). La conclusión es siempre revisable, ya que no podemos estar seguros de haber considerado todos los factores relevantes.

Un posible esquema sería este:

Dado c , A es B

No se da c , A no es B

Por lo tanto, c es la causa de que A sea B

Ejemplo 1: Colocamos un trozo de carne en un recipiente de vidrio con una abertura grande y lo sometemos a un proceso de cocción en el que matamos a todos los microorganismos que pudieran estar presentes. Hacemos lo mismo con otro trozo de carne, pero esta vez en un recipiente de vidrio con un cuello estrecho y sinuoso. El primer trozo se pudre a los pocos días pero el segundo no. Por tanto, la causa del proceso de descomposición debe estar en microorganismos presentes en el aire que el primer recipiente dejaba pasar y el segundo no. (Experimento de Pasteur en 1860 en contra de la generación espontánea.)

Ejemplo 2: De las dos divisiones de maternidad de un hospital, en la división A se da un alto índice de muerte por fiebre puerperal y en la B no. Un cirujano muere con síntomas muy parecidos a los de la fiebre puerperal después de haberse cortado con un bisturí durante la realización de una autopsia. Las parturientas de la división A son atendidas por estudiantes de medicina que acudían a dicha división tras las prácticas con cadáveres sin lavarse las manos. Las parturientas de la división B son atendidas por comadronas que no tienen contacto con cadáveres. Tras ordenárseles a los estudiantes que se lavaran las manos en una solución de cal clorurada, el índice de mortalidad de las dos divisiones se igualó. Por tanto, la causa de la fiebre puerperal debía estar en la «materia cadavérica» que llevaban los estudiantes en sus manos. (Razonamiento del médico húngaro Ignaz Semmelweis en 1847.)

- c) *Razonamiento estadístico*. Una forma de razonamiento estadístico de tipo inductivo es la *generalización estadística*. En ella se parte de la premisa de que en una determinada muestra de una población la proporción de miembros que poseen cierta propiedad es r para concluir (con cierto margen de error que dependerá de lo representativa que sea la muestra) que la misma proporción se da en la población completa.

Ejemplo 1: En el estudio realizado sobre una muestra representativa de los españoles, sólo el 20 por 100 está satisfecho con el funcionamiento de la justicia. Por lo tanto, sólo el 20 por 100 de los españoles está satisfecho con el funcionamiento de la justicia.

En cambio, en el *silogismo estadístico* en lugar de ir desde la muestra a la población en general, se parte de premisas que expresan la posesión de una propiedad con una cierta probabilidad mayor que 1/2 por parte de un conjunto de individuos para concluir con esa probabilidad que un determinado individuo de ese grupo posee dicha propiedad.

Esquemático sería:

$P(B/A) = r$
 i es un caso de A

Por tanto, con la probabilidad r i es un caso de B

Ejemplo 2: La probabilidad de que un afiliado a un sindicato socialista vote a un partido de izquierdas en las elecciones generales es muy alta, Juan es un afiliado a un sindicato socialista; por lo tanto, Juan votará muy probablemente a un partido de izquierda en las elecciones generales.

d) *Razonamiento por analogía*: Se parte de premisas que expresan la similitud de dos o más cosas en un cierto aspecto para concluir la similitud de esas cosas en otro aspecto distinto.

El razonamiento por analogía podría ser esquematizado del siguiente modo:

A es P, Q, R, S .
 B es P, Q, R .
 Por lo tanto, B es S .

Ejemplo 1: La Tierra presenta notables similitudes con otros planetas del Sistema Solar. Todos giran alrededor del Sol; varios giran alrededor de su eje; algunos tienen lunas. Por consiguiente no es disparatado pensar que estén habitados. (Argumento de Thomas Reid, en *Essays on the Intellectual Power of Man*, citado por I. M. Copi, 1986.)

Como se ve, estamos ante un caso de razonamiento falso, porque las analogías elegidas son bastante irrelevantes para la conclusión. Pero este mismo esquema, cuando las analogías son mejores, puede conducir y conduce en la práctica a muchas conclusiones verdaderas. Un ejemplo de ello es el siguiente:

Ejemplo 2: Cuando una placa con un cultivo de bacterias gram-positivas se contamina con un hongo del género *Penicillium*, las bacterias no se desarrollan y desaparecen. Por lo tanto, este hongo podría ser usado también para curar las infecciones causadas por bacterias gram-positivas. (Argumento de Alexander Fleming, citado por I. M. Copi, 1986.)

e) *Inducción hipotética, abducción o inferencia de la mejor explicación*: Se parte de un fenómeno que necesita una explicación y se concluye aquella hipótesis que mejor explica dicho fenómeno, entendiendo por tal aquella de las explicaciones disponibles adecuadas al fenómeno que sea más simple,

más coherente con otras hipótesis aceptadas, más exacta, más capaz de encajar todos los detalles, más abarcante, etc.

El esquema que caracterizaría a este tipo de razonamientos, del cual hay diversas versiones, vendría a ser algo como esto:

D es una colección de datos

H explica D

Ninguna otra hipótesis puede explicar D tan bien como H

Por lo tanto, H es probablemente verdadera

O bien:

Por lo tanto, H merece ser provisionalmente aceptada y desarrollada

Ejemplo 1: En un yacimiento es hallado el cráneo fósil de un cánido que presenta grandes asimetrías y carece de varios dientes, en particular de un canino superior que nunca se llegó a formar. Estos defectos le dificultaban con toda seguridad la caza de una forma severa. Sin embargo no era el cráneo de un individuo joven, sino de un adulto. Esto podría explicarse muy bien si la jauría le hubiera proporcionado alimentos a dicho individuo. Por lo tanto, probablemente la jauría le ayudó en su alimentación. (Argumento de Palmqvist y cols., 1999.)

Ejemplo 2: Cuando se bombardean finas láminas de oro con un haz de partículas alfa, que tienen carga positiva, son muy masivas y poseen una gran energía cinética, la gran mayoría de ellas, como era de esperar, atraviesan la lámina y salen dispersadas con un pequeño ángulo de inclinación. Pero sorprendentemente algunas rebotan frontalmente y salen despedidas hacia atrás. Por tanto, los átomos de la lámina deben tener concentrada la mayor parte de su masa en un núcleo con carga positiva rodeado de electrones relativamente alejados del núcleo. (Argumento de Ernst Rutherford en 1910.)

Ejemplo 3: Trece procedimientos de estimación diferentes basados en fenómenos físicos muy dispares dan unos valores asombrosamente coincidentes (entre 6 y $7,7 \times 10^{23}$) para el número de Avogadro. Por tanto, dicho número representa una magnitud real, lo que significa que las moléculas (y los átomos) existen realmente y se encuentran en la proporción establecida por dicho número. (Argumento de Jean Perrin en 1913.) El valor que en la actualidad se da del número de Avogadro es $6,023 \times 10^{23}$.

Estudiaremos con más detalle este tipo de inferencia abductiva más adelante, cuando exponamos el debate sobre el realismo científico, ya que los realistas han solido utilizarla en defensa de sus tesis.

Hay un caso especial de inferencia —en cuya formulación precisa participaron Blaise Pascal, Pierre Fermat y Richard Dedekind— que recibe el nombre de *inducción matemática o recursiva*. Consiste en inferir de acuerdo con la siguiente regla: si el primer elemento de una serie posee una propiedad *P*, y el sucesor de cualquier elemento de la serie que la posea también la posee, entonces todos los elementos de la serie poseen la propiedad *P*. No obstante, pese al

nombre, este tipo de razonamiento no es inductivo, sino deductivo. A primera vista parece un tipo de generalización a partir de cierto número de casos, pero lo cierto es que la regla nos permite obtener información sobre todos los casos no examinados. Una vez que hemos probado que el primer elemento tiene la propiedad P y que hemos probado que si la tiene el elemento n , la tiene también el elemento $n+1$, entonces en un efecto dominó podemos derivar deductivamente que la tiene cualquier otro elemento. Como en el caso de la inferencia por enumeración completa, la generalización realizada no contendría más información que la que estaba implícita en las premisas. La mal llamada inducción matemática permite, pues, a diferencia de los argumentos inductivos auténticos, demostrar la conclusión.

Desde Aristóteles en adelante ha sido común definir la deducción como un tipo de inferencia que va de lo general a lo particular, y a la inducción como un tipo de inferencia que va de lo particular a lo general. En realidad, y hablando estrictamente, estas definiciones son incorrectas. Puede haber deducciones que vayan de lo general a lo general (como en el ejemplo 1 que hemos visto de deducción), e incluso de lo particular a lo general (como en el caso de la mal llamada inducción por enumeración completa); e igualmente puede haber inducciones que vayan de lo particular a lo particular (como en el segundo ejemplo que hemos citado de inducción por enumeración simple) y de lo general a lo particular (como en el ejemplo del silogismo estadístico).

Dentro de la tradición empirista clásica se tendió a identificar el método científico con el uso de inferencias inductivas en las que se pasaría de las observaciones de hechos concretos al establecimiento de leyes generales. Los ejemplos que hemos puesto anteriormente muestran que esta identificación es inapropiada. Por una parte, las inferencias inductivas, que ciertamente desempeñan una función importantísima en la ciencia y en la vida cotidiana, no se reducen a la generalización a partir de observaciones. Hay procedimientos inductivos diferentes, como la inferencia de la mejor explicación, que encajan mucho mejor con buena parte de la práctica científica habitual¹. Por otra parte, la deducción es usada muy a menudo en las ciencias empíricas, especialmente en el proceso de contrastación de hipótesis.

No se ha conseguido además determinar algún procedimiento útil y al mismo tiempo lo suficientemente general como para que pueda identificarse con el método científico. La obtención de hipótesis, de leyes y de teorías científicas

¹ Algunos prefieren reservar el término 'inducción' sólo para las generalizaciones o incluso sólo para la enumeración simple. En tal caso la abducción no será vista como una forma de inducción, sino como algo alternativo a deducción e inducción y quizás más fundamental. Creo que esto es una cuestión terminológica que no afecta a lo esencial del asunto. Hay también quien distingue entre abducción e inferencia de la mejor explicación, reservando el primer término para un proceso inferencial creativo que conduzca a nuevas hipótesis y el segundo para un proceso inferencial que pretenda establecer únicamente si, en función de sus virtudes explicativas, debe o no aceptarse una hipótesis ya formulada. Para una discusión sobre estas distinciones puede verse Minna-meier (2004).

(el *contexto de descubrimiento*) obedece más a la capacidad creativa de los científicos que a un proceso metódico sometido a reglas tales como la de observar casos concretos para posteriormente realizar una generalización inductiva. Es cierto que los científicos emplean métodos de investigación y de contrastación de hipótesis, pero estos métodos pueden variar mucho en las distintas ciencias y, como ya señaló Feyerabend, no parece posible realizar una síntesis de todos ellos que pudiera considerarse de aplicación general (cfr. Bird, 1998, cap. 8).

2. HIPÓTESIS

Literalmente 'hipótesis' significa 'supuesto', 'lo puesto debajo'. Una hipótesis científica es una propuesta o afirmación contrastable empíricamente, que se considera provisional y revisable a partir de nuevas experiencias. Generalmente se trata de un enunciado (aunque también un modelo puede entenderse como hipotético), formulado de manera precisa, que trata de dar cuenta de los fenómenos sometidos a investigación o de solucionar un problema. Se supone que si dicho enunciado es verdadero, entonces los fenómenos en cuestión quedan explicados. Para Popper y sus seguidores todos los enunciados científicos, desde los enunciados básicos más apegados a la experiencia hasta las teorías más generales, pasando por las leyes de diverso tipo, tienen el carácter de hipótesis. Es decir, permanecen siempre como conjeturas que se aceptan tentativamente mientras no hayan sido refutadas por la experiencia, sin que nunca puedan ser tenidas por verdades establecidas de forma definitiva.

El uso del término 'hipótesis' en la ciencia, a lo largo de su historia, y en la filosofía de la ciencia ha sido muy variado. Hubo momentos en los que por 'hipótesis' se entendió una falsedad útil que permitía salvar los fenómenos convenientemente pero que no se aceptaba en su literalidad. Es así como el cardenal Roberto Bellarmino lo entendía al aconsejar a Galileo que enseñara el sistema copernicano sólo como una hipótesis. También se ha entendido por hipótesis una especulación imposible de probar experimentalmente o con un carácter cuasimetafísico. Éste es el sentido que le daba Newton cuando afirmaba que en su obra él no inventaba hipótesis; o el que le daban muchos físicos y químicos del siglo XIX al considerar a la teoría atómica de Dalton como una mera hipótesis (véase sección 7.1). En la actualidad estos sentidos instrumentalistas o perorativos del término están en desuso.

En ocasiones los términos 'hipótesis', 'ley' y 'teoría' son empleados como sinónimos. En otros contextos, sin embargo, se reserva el término 'hipótesis' para una propuesta científica que todavía está en proceso de contrastación mediante búsqueda de más evidencia empírica que la apoye o la refute, o sobre cuya aceptación aún se discute en el seno de la comunidad científica. Por ejemplo, se considera aún como una hipótesis, aunque con un número creciente de adeptos, la propuesta de Luis y Walter Alvarez que sostiene que la extinción en masa de finales del cretácico, que acabó entre otras muchas especies con los dinosaurios, se debió al impacto de un gran meteorito. El término 'ley' se emplea

entonces para algunas otras propuestas que han alcanzado una confirmación suficiente o son aceptadas sin discusión por la comunidad científica. Y el de 'teoría' para un conjunto estructurado de hipótesis y de leyes en los sentidos citados. Así los caracteriza Marx Wartofsky con peculiar retórica:

Los términos *hipótesis*, *ley* y *teoría* se suelen disponer por orden ascendente de dignidad: una *hipótesis* es una corazonada, una sospecha, algo que se afirma pero como resultado de una especulación, algo no confirmado [...]; una *ley* es una hipótesis que ha logrado carta de ciudadanía en la república científica [...]; y en cuanto a una *teoría*, pertenece al poder legislativo, judicial y ejecutivo de aquella república: habiéndose ganado la posición de que goza gracias a haber actuado con éxito como ley, la teoría adopta cierta actitud objetiva y remota, propia de la reflexiva sabiduría de la ancianidad [...] (Wartofsky, 1983, págs. 360-361).

No obstante, estas distinciones son problemáticas, sobre todo si se intentan aplicar de una forma rígida. Así, la hipótesis de los Alvarez es mucho más que una mera corazonada, ya que tiene detrás diversos indicios que la apoyan. Y, por otra parte, por mucho que nuevos descubrimientos vengan a confirmarla, no se transformará jamás en una ley, puesto que se refiere a un acontecimiento singular. No toda hipótesis es susceptible de convertirse en ley, ni toda teoría contiene necesariamente leyes (especialmente en el caso de la biología y las ciencias sociales). El uso de estos conceptos también puede venir dado por la costumbre o la práctica establecida, más que por el significado estricto que se quiera estipular, y, en tal caso, son aplicados con independencia del grado de confirmación o autoridad de los enunciados a los que se atribuyen. Por razones históricas se habla siempre de la hipótesis de Avogadro, cuando podría hablarse de ley.

Las hipótesis científicas son sometidas a contrastación a partir de sus consecuencias empíricas. De ahí la importancia de que estén formuladas de manera precisa, ya que cuanto más precisión, más claramente determinables serán estas consecuencias. La forma de hacerlo es derivar deductivamente de la hipótesis a contrastar, con ayuda de otros supuestos auxiliares, predicciones acerca del comportamiento de los fenómenos que caen bajo ella. Si las predicciones no se cumplen, eso cuenta como evidencia en contra de la hipótesis (junto con los supuestos auxiliares) y puede conducir a su abandono. Si se cumplen, cuentan como evidencia a favor (también de los supuestos auxiliares), lo que refuerza la confianza de la comunidad científica en la hipótesis. En esto consiste el *método hipotético-deductivo*.

Lo que acabamos de ofrecer es una descripción idealizada de lo que sucede realmente en la práctica científica. El proceso de contrastación de hipótesis suele presentar una complejidad mucho mayor y sus resultados pueden no ser tan nítidos o concluyentes como para apoyar o contradecir a la hipótesis de forma clara y evidente para todos. En esas circunstancias la comunidad científica se ve envuelta generalmente en una controversia para dirimir la cuestión. Esto se debe no sólo a que la derivación de predicciones depende de la

interpretación que hagamos del contenido de la hipótesis a contrastar y de los supuestos auxiliares que la acompañan —interpretación que puede variar mucho de unos científicos a otros—, sino a que además la interpretación de los resultados experimentales acerca del cumplimiento o incumplimiento de la predicción puede ser discutible, posibilitando entonces que factores externos, como el grado de compromiso personal de los científicos con la hipótesis, adquiera un peso decisivo en la decisión a tomar (cfr. H. Collins & T. Pinch, 1993).

Como hemos señalado antes, el reconocimiento del papel que las hipótesis cumplen en la ciencia ha variado ampliamente a lo largo de la historia. Contemplada desde el punto de vista actual y con nuestros criterios metodológicos diríamos que la teoría heliocéntrica de Copérnico nació como una hipótesis que luego Galileo apoyó con nuevos descubrimientos realizados mediante el telescopio; que la órbita elíptica de Marte fue propuesta por Kepler como una hipótesis que Newton consiguió explicar con una teoría mucho más general; que dicha teoría newtoniana, la teoría de la gravitación universal, habría sido a su vez una hipótesis que resultó confirmada en sumo grado; que la teoría general de la relatividad de Einstein vino después a proporcionar una explicación mejor, también hipotética, de los fenómenos que Newton quiso explicar con la suya; y así podríamos seguir. Sin embargo, dejando aparte a Einstein, los científicos mencionados no tuvieron en su día una imagen coincidente con esta que nosotros nos formamos hoy. Ninguno de ellos habría admitido sin más que su aportación al conocimiento científico era una *simple* hipótesis. ¿Por qué esta diferencia de apreciación? ¿Por qué esos científicos fueron renuentes a calificar de hipótesis los resultados de su investigación? Merece la pena que nos detengamos en este asunto, porque ilustra como pocos los cambios que ha experimentado desde los inicios de la ciencia moderna la propia visión que los científicos tienen de la metodología que emplean².

² Una respuesta a la pregunta que acabamos de hacer la encontramos en el libro de Larry Laudan *Science and Hypothesis* de 1981. En él Laudan ilustra y explica con interesantes análisis históricos los motivos que impulsaron la aceptación o el rechazo del llamado método de hipótesis o método hipotético-deductivo por parte de los científicos y de los filósofos. Su tesis es que esto dependió menos de los argumentos epistemológicos que se erigieron en su favor o en su contra que de la concordancia de dicho método con determinadas teorías científicas exitosas que buscaban una justificación epistemológica y no la encontraban en la metodología inductivista tradicional. En particular, Laudan destaca la importancia que a tal efecto tuvieron ciertas teorías muy especulativas que hicieron su aparición, especialmente en la óptica y la química, durante los siglos XVII y XVIII, como por ejemplo, las diversas teorías corpusculares de la materia, la teoría del flogisto, la teoría ondulatoria de la luz, y otras teorías que recurrían al éter para explicar fenómenos como el calor, el magnetismo, la electricidad e incluso la gravedad. En ellas, como recurso explicativo, se postulaban entidades inobservables que no podían poseer más que un carácter hipotético, pues su existencia no podía ser establecida empíricamente. Siendo cierta la importancia que estas teorías tuvieron en el cambio de mentalidad de los científicos acerca del uso de hipótesis, no debería minusvalorarse, sin embargo, el hecho de que el reconocimiento del papel fundamental de las hipótesis en la ciencia estuvo también condicionado por un factor epistemológico decisivo, a saber, los propios cambios experimentados por lo que cabe denominar el *ideal de ciencia* (cfr. Diéguez, 1989).

Remontándonos a esos inicios, podemos situar a Francis Bacon (junto con Newton) entre aquellos que más restrictivos fueron a la hora de admitir las hipótesis en la ciencia. En el prefacio del *Novum Organum* distingue entre dos modos o vías de conocimiento, uno que busca «opinar de forma bella y probable» y otro que quiere «saber de forma cierta y ostensiva». Al primero lo llama «*Anticipatio Mentis*» y al segundo «*Interpretatio Naturae*» (Bacon, 1963, pág. 154). Por 'anticipaciones de la mente' entiende el establecimiento de conclusiones que aún no han sido obtenidas por medio de un cuidadoso razonamiento inductivo y que, por ende, no pasan de ser meras opiniones o conjeturas. Esta primera vía es para Bacon un camino errado si lo que se quiere es adquirir verdadera ciencia. Nada podría hacer que esa vía, que abre las puertas a toda clase de prejuicios y deja que las falsas nociones arraiguen en el entendimiento humano, logre alguna vez resultados aceptables. Podemos interpretar esto como una contraposición entre el uso de hipótesis, entendidas como formulaciones prematuras de conclusiones que inducen al error y perturban la marcha de la investigación, y el uso del método inductivo, entendido como un procedimiento demostrativo que da lugar a conocimientos ciertos. Hipótesis y conocimiento científico serían instancias que se excluyen.

Hay autores que han querido ver un Bacon mucho más abierto al uso de hipótesis en la ciencia. Un caso digno de mención es el de André Lalande (1944). Sin embargo, Larry Laudan, que encuentra ejemplos del método hipotético en Bacon, se ve obligado a reconocer que el «mito» del Bacon contrario a las hipótesis contiene una verdad, y es que el uso de hipótesis no sería más que una medida temporal hasta que se dispusiera de una auténtica prueba inductiva (cfr. Laudan, 1981, pág. 52).

Sea como sea, Galileo y Descartes mantuvieron decididamente una postura más abierta que la de Bacon. Galileo insiste una y otra vez en que la verdad científica es verdad demostrada y no mera hipótesis; pero si analizamos los rasgos principales del método galileano, veremos que la formulación de hipótesis forma parte indispensable de él. Esta aparente inconsistencia se explica si tenemos en cuenta que para Galileo las hipótesis utilizadas en la ciencia quedan justificadas por completo cuando sobre ellas se consigue establecer una ley matemática confirmada experimentalmente. A partir de ese momento dejan de ser meras hipótesis para transformarse en la descripción verdadera de la estructura esencial del fenómeno, ya que sólo desde una reconstrucción verdadera es posible alcanzar una ley matemática válida en todos los casos (cfr. Galileo, 1981, pág. 292).

Por su parte, el vocabulario filosófico de Descartes está plagado de expresiones tales como 'certeza', 'evidencia', 'principios indudables', 'demostración', 'verdad necesaria', etc. Pero, por otro lado, Descartes considera que el uso de hipótesis es un auxilio necesario en las ciencias, siempre que dichas hipótesis sean plausibles gracias a una evidencia racional o empírica en su favor. De hecho, él mismo, aunque por razones cuya sinceridad ha sido discutida, se expresa como si atribuyera un carácter hipotético a algunas de sus teorías (cfr. Descartes, 1995, III, XLIV, pág. 147).

Cabe decir, por tanto, que para Descartes un cierto tipo de hipótesis, caracterizada por su apoyo empírico y racional y por su éxito explicativo, no sólo son lícitas, sino inevitables. Éstas habrán de ser separadas de otras hipótesis inaceptables debido a la imposibilidad de «probarlas» por algún procedimiento adecuado (por ejemplo, hipótesis acerca del propósito de Dios al crear el mundo) o a que no sirven para explicar diversos fenómenos. Una vez probadas estas hipótesis lícitas, es posible tener sobre ellas algo más que una certeza moral, sólo «suficiente para regular nuestras costumbres». El grado superior de certeza, la certeza metafísica, propia de aquellas cosas que no pueden ser de otro modo más que como las juzgamos, les puede alcanzar a ellas también.

La actitud de Newton frente a las hipótesis ha motivado una ingente cantidad de análisis. Sería difícil encontrar alguna otra frase escrita o pronunciada por un científico que hubiera dado lugar a más comentarios y más confusiones que el celeberrimo «*hypotheses non fingo*» que aparece en el Escolio General de la segunda edición (1713) de sus *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Si bien el trabajo científico de Newton representa un auténtico avance en la evolución del ideal de ciencia, en lo que se refiere al reconocimiento explícito del papel jugado por las hipótesis en la ciencia, su discurso metacientífico supone aparentemente una considerable vuelta atrás. Desde Bacon nadie había luchado tanto contra el uso de hipótesis ni se había opuesto de forma tan vehementemente a aceptar como hipotéticas sus propias teorías. Por eso, la separación entre el método que dice seguir y el que de hecho emplea es mayor incluso que en Galileo y Descartes. Lakatos habla de la «esquizofrenia de Newton» y sugiere que éste creó dos culturas, «una que desarrolló su método y otra que “desarrolló” su metodología» (cfr. Lakatos, 1983, pág. 281, nota 132).

En las últimas páginas de la *Óptica* (1977, III, I, pág. 349) Newton describe el método que ha empleado con estas palabras:

Como en las matemáticas, en la filosofía natural la investigación de las cosas difíciles por el método de análisis ha de preceder siempre al método de composición. Este análisis consiste en realizar experimentos y observaciones, en sacar de ellos conclusiones generales por inducción y en no admitir otras objeciones en contra de esas conclusiones que aquellas salidas de los experimentos u otras verdades ciertas, *pues las hipótesis no han de ser tenidas en cuenta en la filosofía experimental*. [La cursiva es nuestra].

Newton desea, pues, presentar el método científico como un método inductivo-deductivo (analítico-sintético) dentro del cual las hipótesis no tienen cabida. El uso de hipótesis es expresamente desautorizado, sobre todo cuando lo que se intenta con ellas es rebatir el resultado de observaciones y experimentos sólidamente asentados.

Ahora bien, a pesar de estas manifestaciones, Newton está lejos de haberse atenido a dicho método en la elaboración de sus teorías. No se puede decir, por ejemplo, que las leyes del movimiento, la ley de la gravedad, la teoría corpuscular de la luz, la idea del espacio y del tiempo absolutos o de un centro inamovible del universo sean productos de un ascenso inductivo *sensu stricto* a partir

de observaciones y experimentos. En su práctica como científico, a diferencia de en sus comentarios metodológicos, Newton es un decidido practicante del método hipotético-deductivo.

El «*hypotheses non fingo*» fue incumplido incluso en aquella cuestión que lo suscitó. Con esta frase Newton pretendía contestar a las críticas que algunos contemporáneos, especialmente Leibniz y Huygens, efectuaron a su explicación de la gravedad en la primera edición (1687) de los *Principia*. A estos críticos les preocupaba no tanto la ley matemática hallada por Newton cuanto la ausencia de una explicación satisfactoria de la gravitación, un concepto plagado de dificultades teóricas. Para ellos el concepto de acción a distancia era bastante sospechoso, ya que parecía introducir de nuevo en la física las «fuerzas ocultas» que se tenían por desterradas para siempre. Los críticos pedían que, además de la fórmula matemática que describe el comportamiento de los cuerpos bajo la acción de la fuerza gravitatoria, Newton proporcionara una explicación metafísicamente aceptable de la causa de la gravedad. Ante esas críticas Newton respondió que aún no había conseguido descubrir la causa de los fenómenos gravitatorios y que no estaba dispuesto a especular sobre ella sin los suficientes elementos empíricos de juicio. No obstante, lo cierto es que Newton sí especuló sobre la causa de la gravedad, antes y después de que se publicara su negación de haberlo hecho, aunque siempre fue cauteloso sobre la verdad del resultado. Si en 1713 decía no fingir hipótesis, en 1717 en la cuestión 31 de la segunda edición de la *Óptica* no tiene reparos en recurrir a una hipótesis que había empleado también para explicar la existencia de algunas propiedades de la luz. Postula allí la existencia de un éter que lo llena todo y cuyas partículas, por ser repelidas por las partículas materiales, serían más escasas en el espacio situado entre dos cuerpos cercanos que en el situado en el lado opuesto de dichos cuerpos. Esta diferencia de densidad, acompañada del efecto repulsivo del éter, haría que los cuerpos tendieran a dirigirse el uno hacia el otro.

La reacción ante la crítica de los cartesianos explica, pues, la beligerancia de Newton contra las hipótesis y la consecuente discrepancia entre los criterios metodológicos que enuncia y el modo en que verdaderamente conduce sus investigaciones. Con su insistencia en la importancia de la observación y el experimento frente a las meras hipótesis, Newton estaría diciéndoles a los cartesianos que, por un lado, sus críticas carecían de base experimental, por muy elegantes que fueran desde el punto de vista metafísico, y por otro, que las leyes expuestas en los *Principia* no eran meras hipótesis carentes de prueba alguna que pudieran ser rechazadas por razones metafísicas, sino verdades probadas empíricamente.

La obra de Newton reclamaba, por tanto, la elaboración de unos nuevos criterios epistemológicos de evaluación. Para los cartesianos, la ley de la gravitación newtoniana era una hipótesis no probada (en su sentido). Newton le da la vuelta a esta objeción y replica que dicha ley está probada por los hechos, y por eso mismo no es una hipótesis, mientras que, en cambio, son los principios metafísicos de la filosofía cartesiana los que poseen un carácter hipotético y no deben aducirse jamás en contra de conocimientos probados empíricamente.

Un dato en favor de que la explicación de la actitud newtoniana ante las hipótesis ha de buscarse en el contexto de su disputa con los cartesianos es que el término 'hipótesis' no tuvo desde el principio un significado peyorativo para Newton (cfr. Cohen, 1969 y 1983, pág. 120).

A lo largo del siglo *xx* los escrúpulos sobre el uso de hipótesis que la filosofía de la ciencia de Newton había suscitado fueron debilitándose paulatinamente debido, por una parte, a los nuevos rumbos que la investigación científica tomó durante ese siglo, lo que favoreció una mayor libertad en la formulación de teorías, y, por otra, a la batalla que en el plano epistemológico ofrecieron las obras de algunos grandes autores. Entre ellos, John Herschel, William Whewell y John Stuart Mill.

John Herschel intentó colocar el concepto de hipótesis en el lugar que le correspondía de acuerdo con el ideal de conocimiento científico que Newton había iniciado. Si después de Newton son los hechos los que, según se afirma, guían la investigación, con Herschel se reconoce la posibilidad clara de que sean las hipótesis las conductoras; posibilidad que se consolida con Whewell. En el *Preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy* (1830), Herschel define su postura con unas líneas que luego parafrasearán con gusto Whewell y Mill (Herschel, 1966, pág. 204):

Las hipótesis tienen a menudo un uso eminente; y una facilidad para formularlas, si va acompañada de una facilidad para dejarlas de lado cuando han cumplido su misión, es una de las cualidades más valiosas que un filósofo puede poseer, mientras que, por otra parte, una adherencia fanática a ellas, o, de hecho, a opiniones particulares de cualquier tipo en oposición al curso que los hechos presentan, es la ruina de toda filosofía.

Herschel es partidario del uso de hipótesis en la ciencia como procedimiento complementario de la inducción. Pero esas hipótesis han de formularse con cautela y no de forma arbitraria. Deben ser hipótesis que puedan dar razón del mayor número posible de hechos en estudio y que posean un fuerte apoyo empírico. Si una hipótesis de este tipo resulta además verificada, pasa entonces a formar parte de nuestro conocimiento de la naturaleza. No obstante, también de una hipótesis no verificada podemos obtener enseñanzas útiles sobre lo que hay tras los fenómenos.

Más original y atrevido en sus conclusiones fue el segundo de los autores citados, William Whewell. Su aportación a la filosofía de la ciencia constituye la defensa más decidida del uso de hipótesis que se produjo con anterioridad al siglo *xx*. Para Whewell la importancia de las hipótesis no está en que puedan ser instrumentos auxiliares de la investigación en aquellas cuestiones donde el razonamiento inductivo no puede ser aplicado por escasez de datos. Su opinión es que *el razonamiento inductivo es en sí mismo un proceso de selección de hipótesis*.

Lo peculiar del proceso inductivo es que una concepción general, que no está dada inmediatamente por los hechos, es inventada e introducida en la mente del científico para ordenarlos, reunirlos y hacerlos inteligibles. Así, cuan-

do Kepler descubrió que el planeta Marte se movía siguiendo una trayectoria elíptica, lo que hizo fue unir las observaciones particulares de las posiciones de Marte a la noción (o concepción) de una elipse, y en ese momento aquellas observaciones particulares quedaron finalmente «coligadas» (cfr. Whewell, 1847, vol. II, pág. 335).

Para encontrar la concepción correcta que permita coligar los hechos no basta, según Whewell, con una simple generalización a partir de las observaciones particulares, tal y como tradicionalmente se había entendido el salto inductivo. La concepción introducida para coligar los hechos es un elemento nuevo que la mente añade a la combinación y que no está en los hechos observados. Dar con la concepción adecuada es un paso difícil que ha de efectuarse aventurando hipótesis y probando con ellas hasta encontrar la que pueda explicar los hechos conocidos y predecir otros hechos nuevos que luego son verificados. El científico tiene una casi total libertad para imaginar hipótesis que él crea que pueden ser útiles, la única restricción es que estas hipótesis vengan sugeridas por los mismos hechos y no por una especulación caprichosa:

La índole del verdadero filósofo no consiste en que nunca conjetura al azar, sino en que sus conjeturas están concebidas claramente y obtenidas en un estrecho contacto con los hechos [...], los avances en el conocimiento no son realizados normalmente sin el ejercicio de alguna audacia y licencia en el conjeturar (Whewell, 1847, pág. 55).

En lo que sí debe ser cuidadoso el científico es en someter sus hipótesis a contrastación empírica, así como en estar dispuesto a abandonarlas tan pronto como no resulten confirmadas por los hechos. La desconfianza sobre el uso de hipótesis proviene, según Whewell, de que muchas veces los científicos se han adherido tenazmente a sus hipótesis cuando aún no han sido confirmadas o incluso cuando han sido claramente refutadas.

Aunque en líneas generales Mill se muestra conforme con Whewell en otorgar a las hipótesis un papel preponderante en la ciencia, no contempla la inducción como un proceso de búsqueda y selección de hipótesis, sino como conjunto de métodos para descubrir y probar leyes científicas a partir de los hechos. Mill cree, no obstante, que las hipótesis son necesarias en la investigación y que toda teoría y toda ley comienzan siendo una hipótesis y conservan este carácter hasta que no pasan por el tamiz de los métodos inductivos (cfr. Diéguez, 1988).

El motivo principal de discrepancia entre ambos filósofos sobre este punto está en el grado de libertad que conceden al científico a la hora de elaborar hipótesis. Mientras Whewell subraya la conveniencia de una imaginación fértil actuando sin cortapisas, Mill desconfía de ella por sus posibles excesos. La imaginación humana es, para este último, muy poderosa, y sin cierto control alcanza pronto conclusiones inverosímiles. Por ello, el uso científico de hipótesis debe estar restringido por el acatamiento de ciertas condiciones, como que sea la única explicación de los hechos que pueda encontrarse, que verse sobre cosas existentes y no sobre objetos ficticios, y que sea verificable mediante la con-

frontación con los hechos observados (cfr. Mill, 1973, págs. 228-229, 437-438 y 490-496).

Estas restricciones al uso de hipótesis dieron lugar a una intensa discusión entre Whewell y Mill que se extendió a lo largo de varios años y en la que no siempre fueron capaces de entenderse mutuamente. Sin embargo, la distancia entre ellos no fue tan grande como a veces se ha dicho. El propio Whewell, en el calor de la polémica, declaró que «sería tan cauteloso como el señor Mill en aceptar meras explicaciones hipotéticas de los fenómenos en el caso de que ambosuviésemos ante nosotros los fenómenos y sus relaciones colocados con igual claridad» (Whewell, 1860, pág. 270).

Una segunda diferencia con Whewell estriba en la función que Mill atribuye a las hipótesis. Hemos dicho que para Whewell las hipótesis son el elemento básico del que necesariamente parte la investigación científica. Ésta no consiste en otra cosa que en «ensayar hipótesis variadas, modificar hipótesis para aproximarse a los hechos, y multiplicar los hechos para probar las hipótesis» (Whewell, 1847, pág. 389). Mill, en cambio, les concede una función mucho menos importante. El uso de hipótesis cumple su cometido principal como procedimiento sustitutivo de la inducción en aquellas ciencias donde no es factible la aplicación directa de los métodos inductivos (o sea, la mecánica, la sociología, etc.). Para esas ciencias, que son las más perfeccionadas o las más complejas, Mill propone la utilización de un método deductivo, una de cuyas variantes es el «Método Hipotético» (*Hypothetical Method*) (cfr. Mill, 1973, pág. 492). Este método se compone de tres pasos sucesivos: invención selectiva de hipótesis, deducción de los efectos que se siguen de las hipótesis asumidas, y verificación de las hipótesis mediante la comparación de lo obtenido en la deducción con los fenómenos observados. El método hipotético, junto con las otras variedades del método deductivo, está destinado, según Mill, a predominar sobre los métodos inductivos a medida que las ciencias progresen y se perfeccionen.

Tras el debate entre Whewell y Mill, la clarificación del papel desempeñado por las hipótesis en la ciencia se convirtió en un asunto fundamental de análisis en la filosofía de la ciencia. En general puede decirse que para entonces era ampliamente reconocida su ineludibilidad en la investigación. Lo que podía ofrecer dudas era el grado de permisividad que había que tener con cierto tipo de hipótesis de difícil o imposible contrastación experimental. Quien mejor ejemplifica estas dudas es Ernst Mach. Es de sobra conocida su prolongada hostilidad a la hipótesis de la existencia de los átomos (que rechazó hasta su muerte en 1916). Para Mach la cuestión no era tanto si debían utilizarse hipótesis, como si éstas podían postular entidades inverificables. Mach estimaba, como hicieran Comte y Mill, que sólo aquellas entidades acerca de las cuales puede haber algún tipo de experiencia son admisibles en la ciencia. Por tanto, cuando una hipótesis acude a entidades sobre las que esto no es posible, como en el caso de los átomos, dicha hipótesis debe aceptarse sólo provisionalmente y en la medida en que tenga cierta utilidad heurística. Tan pronto como cumple su tarea, permitiendo descubrir nuevas conexiones fenoménicas, ha de ser abandonada.

Las hipótesis, según Mach, son instrumentos que prestan un servicio auxiliar en la ciencia, ya que siempre hay quien necesita apoyarse en imágenes para avanzar en la investigación. Pero para que una hipótesis sea aceptable tiene que proporcionar utilidades adicionales: debe «sustituir o ahorrar experiencia» y debe conducir a nuevas experiencias que permitan confirmarla y, así, superarla (cfr. Mach, 1987, págs. 399 y 1906; pág. 240). Cuando una hipótesis logra su objetivo de conectar fenómenos mediante la determinación precisa de sus relaciones, debe desaparecer como tal hipótesis para dejar como resultado de su aceptación provisional las leyes que se hayan obtenido con su ayuda. Pero en ningún caso ha de atribuirse durante esta aceptación provisional un significado ontológico fuerte a las entidades postuladas, como si se trataran de una especie de «cosa en sí». Hacer esto sería ir más allá de lo que permite la experiencia, que es la única que puede dictaminar qué tipo de entidades existen.

Por lo tanto, Mach considera que el uso de hipótesis es inevitable, pero siempre que no se olvide que su función es subordinada, provisional, y que lo que importa de verdad son los hechos. En su obra *Desarrollo histórico-crítico de la mecánica*, advertía contra la construcción de hipótesis que no pudieran ser probadas por los hechos con esta fuerte recomendación:

Si queremos mantenernos fieles al método que condujo a los más grandes investigadores: Galileo, Newton, S. Carnot, Faraday, J. R. Mayer, a sus mayores éxitos, debemos limitar nuestra física a la expresión de los *hechos*, sin construir sobre ellos hipótesis alguna, de manera que nada quede para ser concebido o probado (Mach, s. f., pág. 413).

Al leer este pasaje podría parecer que Mach ha vuelto a las posiciones hostiles de Newton acerca de las hipótesis; y, desde luego, no se puede negar que el positivismo machiano está muy lejos de una visión conjetural del conocimiento científico. Pero Mach no está desterrando aquí las hipótesis, sino aclarando que no pueden ser el estadio final de la investigación y que no pueden sustituir a los hechos como base de justificación. Por eso, en otro lugar aclara:

[Las] hipótesis no llegan a ser perjudiciales o peligrosas para el progreso excepto cuando se deposita más confianza en ellas que en los hechos mismos (Mach, 1986, pág. 229).

En una posición más abierta se situaron, sin embargo, Henri Poincaré y Pierre Duhem. El primero de ellos escribía en 1902:

En lugar de pronunciar una condena sumaria, debemos examinar con cuidado el papel de las hipótesis; reconoceremos entonces no solamente que es un papel necesario, sino que muy a menudo es legítimo (Poincaré, 1968, pág. 24).

Para Poincaré, la experiencia, aun con ser la única fuente de verdad y hasta de certeza en el conocimiento, no lo es todo en la ciencia. Es imprescindible

elaborar generalizaciones sobre ella. Poincaré afirma —y en esto coincide con Mach (cfr. Mach, s. f., pág. 113)— que no se puede experimentar sin poseer ciertas ideas generales preconcebidas acerca del mundo. Pero resulta que «toda generalización es una hipótesis». Nadie, según su criterio, ha rechazado nunca este papel necesario de las hipótesis, siempre y cuando sean explícitamente formuladas y se sometan a verificación lo antes posible. Las que no pasen la prueba de la verificación han de ser abandonadas, si bien —añade en un tono popperiano *avant la lettre*— esto debe alegrar al científico, pues «acaba de encontrar una ocasión inesperada para hacer un descubrimiento» (Poincaré, 1968, pág. 165).

Además de las generalizaciones, que exigen verificación, Poincaré señala otros dos tipos de hipótesis: las «naturales» y las «indiferentes». Las naturales «forman por así decir el fondo común de todas las teorías de la física matemática» y son las últimas que han de abandonarse en caso necesario (Poincaré, 1968, pág. 166). Entre ellas están la suposición de que los cuerpos lejanos tienen una influencia despreciable, la de que los movimientos pequeños obedecen una ley lineal y la de que el efecto es una función continua de la causa. En cuanto a las hipótesis indiferentes, Poincaré las considera instrumentos de cálculo no verificables que no por ello deben ser proscritos, pues sirven como metáforas que ayudan a «sostener nuestro entendimiento con imágenes concretas». (Poincaré, 1968, pág. 167; cfr. pág. 176). Una hipótesis de este tipo sería la hipótesis atómica, junto a su rival, la hipótesis de que la materia es continua.

Por su parte, Pierre Duhem acepta de Mach la tesis de que las teorías científicas son instrumentos para economizar experiencias, pero concede a las hipótesis una importancia mayor. Duhem define una teoría científica como «un sistema de proposiciones matemáticas, deducidas de un pequeño número de principios, y que tienen por objeto representar tan simple, completa y exactamente como sea posible, un conjunto de leyes experimentales» (Duhem, 1989, pág. 24). Pues bien, los principios a partir de los cuales se deducen esas proposiciones tienen para Duhem el carácter de hipótesis. Éstos no pretenden ser enunciados sobre relaciones verdaderas entre propiedades de los objetos, sino que son formulados «de una manera arbitraria», únicamente en función de su utilidad para derivar consecuencias que concuerden con los resultados experimentales.

No obstante, en la medida en que podamos descubrir a partir de ellos leyes nuevas que se vean confirmadas, estamos legitimados para concluir que no son hipótesis completamente artificiales, pues es razonable pensar entonces que las relaciones que establecen entre los datos corresponden a relaciones objetivas entre las cosas, es decir, constituyen lo que Duhem llama una «clasificación natural». Con ello, como puede verse, Duhem se aleja del convencionalismo y se aproxima al realismo. Pero no es esta una cuestión que dejara demasiado clara y en otros muchos lugares de su obra encontramos afirmaciones decididamente convencionalistas.

Duhem reconoce, pues, sin reservas un lugar central a las hipótesis en la ciencia. El contraste con la posición de Mach queda de manifiesto en el siguiente pasaje:

[...] Es imposible construir una teoría por el método puramente inductivo. Newton y Ampère fracasaron en ello y, sin embargo, estos dos genios se preciaban de no haber admitido en sus sistemas nada que no se hubiera obtenido directamente de la experiencia. Así pues, no nos repugnará en absoluto aceptar entre los fundamentos sobre los que descansa nuestra física postulados que no han sido suministrados por la experiencia (Duhem, 1989, pág. 334, cfr. pág. 388).

Las condiciones que Duhem pone para aceptar estas hipótesis son únicamente que no contengan contradicciones, que no se contradigan unas a otras, y que no contradigan leyes experimentales aceptadas previamente. E incluso la segunda condición puede ser obviada si las hipótesis que se contradicen pertenecen a capítulos diferentes de la física (cfr. Duhem, 1989, pág. 507).

Curiosamente, Duhem sigue a Mach en el rechazo de la existencia de los átomos. Pero no lo hace porque la existencia de los átomos fuera sólo una hipótesis. Lo hace porque aceptaba, en una variante moderada, el energetismo del químico Wilhelm Ostwald. Para el energetismo, los modelos mecánicos en la física debían ser sustituidos por modelos basados en el concepto de energía; o dicho de otro modo, era la mecánica la que debía reducirse a la termodinámica, y no al contrario. Duhem, que entendía las hipótesis como recursos «cómodos» para interpretar la experiencia, simplemente tenía dudas, debido a sus ideas energetistas, de que el atomismo fuera un recurso semejante.

La actitud cada vez más abierta hacia el uso de hipótesis que venimos describiendo, e incluso la comprensión de la naturaleza hipotética de la ciencia, se afianzó aún más a lo largo del siglo xx. Así, Moritz Schlick, el fundador del Círculo de Viena, declaraba en 1934:

Las leyes de la naturaleza son suposiciones que nunca pierden su carácter hipotético; nunca podemos estar absolutamente convencidos de su validez. Ni disponemos de medio alguno con el que probar la validez universal de dichas leyes (Schlick, 1933-1934, 1987, pág. 82).

Estas palabras, por cierto, desmienten la imagen tan difundida del dogmatismo neopositivista acerca del carácter absolutamente firme del conocimiento científico. Otras muy semejantes pueden encontrarse, por ejemplo, en algunos pasajes de Carnap.

Pero es justo destacar el impulso final que en esta evolución imprime, desde mediados de los 30, y sobre todo a partir de los 60, la filosofía falibilista de Popper. La idea que mejor resume la actitud popperiana es que todas las teorías científicas (y en general todos los enunciados de la ciencia, desde los más teóricos y especulativos hasta los que describen observaciones) tienen un carácter hipotético y jamás podrán ser otra cosa que conjeturas. La ciencia es *doxa*, no *episteme* (cfr. Popper, 1962, pág. 90 y 294; 1983, págs. 137 y 150 y 1979, pág. 9). Popper ya no se limita a afirmar que la formulación de hipótesis sea un paso provisional y que el desenlace feliz de toda investigación sea la verificación de la hipótesis o, lo que es igual, su transformación en una verdad es-

tablecida. Lo que Popper nos dice es que una teoría científica no puede aspirar a ser más que una hipótesis, que no hay posibilidad de probar la verdad definitiva, y ni siquiera la alta probabilidad, de ningún enunciado empírico por evidente que parezca, y que, por consiguiente, las distintas ciencias son sistemas de hipótesis y no cuerpos de conocimiento.

Hay quien ha llegado a acusar a Popper por todo ello de irracionalismo y escepticismo³, sin embargo, como veremos en su momento, nada puede estar más lejos de sus verdaderas intenciones. Si adoptó una posición tan paradójica en principio fue para dar cabida a los cambios espectaculares acontecidos en la física dentro de una imagen racionalista de la ciencia. Según confiesa, fue el reemplazo de la física newtoniana por la teoría de la relatividad lo que determinó en última instancia su convencimiento de que las teorías científicas poseen un carácter hipotético (cfr. Popper, 1985a, pág. 109 y 1979 pág. 9).

Popper caracterizó la ciencia actual en términos contrarios a los de Bacon. Para él, la ciencia «consiste en 'anticipaciones, precipitadas y prematuras' y en 'prejuicios'» (Popper, 1962, pág. 259). Pero esas «anticipaciones» o conjeturas deben ser sometidas a contrastaciones sistemáticas, y abandonadas en caso de que no las superen, es decir, en caso de que resulten falsadas. Nunca puede probarse la verdad de una hipótesis; sin embargo, dado un acuerdo previo y tácito de los científicos sobre un conjunto de enunciados acerca de los hechos que se consideran establecidos, hay ocasiones en las que puede determinarse la falsedad de la hipótesis y procederse a su eliminación. De ello se sigue que el conocimiento científico consiste simplemente en hipótesis que no han sido refutadas por el momento, pero que pueden serlo en el futuro. Y la misión del científico no es defenderlas dogmáticamente de todo posible ataque, sino, por el contrario, intentar derribarlas cuanto antes ensayando contrastaciones cada vez más fuertes y rigurosas. Si los científicos tienen éxito en la refutación de una hipótesis, es necesario que haya otras capaces de sustituir a la que queda refutada. Por ello es también su tarea inventar siempre hipótesis que puedan dar razón de los éxitos de las anteriores y superar las pruebas que éstas no pasaron. De esa manera, a pesar de que las teorías científicas seguirán siempre siendo conjeturas, sabremos que las hipótesis nuevas son mejores que las antiguas porque, siendo igual o más potentes en su capacidad explicativa, resisten pruebas más duras. Sobre todo ello volveremos en el Capítulo 5, cuando expongamos la concepción popperiana del progreso científico.

3. LEYES CIENTÍFICAS

Es habitual entender una ley científica como un enunciado, con frecuencia formulable como una ecuación matemática simple, que expresa una relación regular y empíricamente contrastable entre los fenómenos o propiedades selec-

³ Véase especialmente Stove (1995). Stove realiza una aguda crítica del antiinductivismo popperiano y, entre otras cosas, sostiene (pág. 42) que un «conocimiento conjetural» es un sinsentido.

cionadas de los fenómenos. Si la regularidad se afirma universalmente y sin excepciones, es decir, si se afirma su cumplimiento en todos los casos (aunque este cumplimiento sea de forma aproximada), estamos ante una *ley universal* o determinista. En cambio si se afirma sólo una regularidad que se da en una serie de casos pero no en otros, y que admite por tanto excepciones, en otras palabras, si el cumplimiento de la relación establecida por la ley se mantiene en un cierto porcentaje de casos; pero no necesariamente por todos los casos concretos, o bien si la ley incluye en su misma formulación la probabilidad de que se dé un suceso, estamos ante una *ley probabilística*.

La existencia de leyes probabilísticas en la ciencia se debe tanto a las limitaciones inevitables a la hora de conocer con exactitud las condiciones que determinan a muchos de los procesos deterministas complejos, como al hecho de que en la naturaleza se dan fenómenos objetivamente aleatorios o no deterministas. En las ciencias sociales suelen deberse a lo primero y en la teoría cuántica a lo segundo. Hemos de admitir, pues, que las probabilidades no se introducen en la ciencia sólo debido a que no podemos conocer hasta los últimos detalles los fenómenos que nos interesa estudiar, sino a que existe en la naturaleza un azar intrínseco que resulta ineliminable, incluso en el caso ideal de que pudiéramos conocer a la perfección todos los detalles.

Otra forma de caracterizar esta diferencia es la que presenta David Lewis en la terminología de la semántica de mundos posibles. Una ley determinista afirma que no puede haber dos mundos posibles que sean iguales antes de un tiempo t y que, sin violar la ley, difieran después de t . En cambio, una ley probabilística permite la existencia de tales mundos, es decir, permite mundos posibles idénticos antes de t y diferentes después de t , aun cuando ambos satisfagan la ley.

Un ejemplo de ley universal lo tenemos en la ley de la gravedad: 'Todo cuerpo ejerce sobre otro una fuerza de atracción que es directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.' En cuanto a las leyes probabilísticas, el ejemplo que frecuentemente se cita es la ley de Elster y Geitel sobre la desintegración radioactiva, que dice así: 'La actividad de una sustancia radioactiva pura disminuye con el tiempo de forma exponencial', o en una formulación más precisa: $N = N_0 e^{-\lambda t}$, donde N es el número de núcleos atómicos que quedan sin desintegrar en el tiempo t , N_0 es el número de núcleos atómicos que había en el instante inicial 0 y λ es la probabilidad de que un núcleo atómico se desintegre por unidad de tiempo, probabilidad que es característica de cada tipo de elemento radioactivo y se denomina 'constante de desintegración'.

Otro ejemplo de ley probabilística lo tenemos en la ley de Hardy-Weinberg en genética de poblaciones: 'Si en una población ideal dos alelos A y a se dan en un locus con una frecuencia de p y q respectivamente, entonces las frecuencias de los genotipos AA , Aa y aa son respectivamente p^2 , $2pq$ y q^2 '.

Pero quizás el ejemplo más ilustrativo sea el del segundo principio de la termodinámica, que puede ser formulado del siguiente modo: 'Un sistema aislado tiende a estados de mayor entropía.' Como se ve por la formulación, no se ex-

cluye la posibilidad, aunque su probabilidad sea extremadamente baja, de una transición espontánea a un estado de menor entropía. A veces se dice también que la naturaleza *tiende* a evolucionar desde los estados de orden hacia los de desorden, o desde los menos probables hacia los más probables. Algunos manuales de física ocultan el carácter probabilístico del segundo principio de la termodinámica declarando simplemente que tales transiciones espontáneas hacia estados de menor entropía son imposibles. Otros, más cautos, señalan el carácter probabilístico del segundo principio, pero añaden que la probabilidad de que disminuya la entropía en los sistemas aislados es tan pequeña, que puede considerarse como imposible.

A pesar de su papel prominente en la ciencia, el concepto de ley científica es uno de los de más difícil caracterización, y ha generado y continúa generando una amplia discusión entre partidarios de interpretaciones diversas (cfr. Echeverría, 1993 y Psillos, 2002). Hasta tal punto que, como diremos después, dado que todas las condiciones necesarias y suficientes que han sido aducidas para caracterizarlas han resultado problemáticas o inadecuadas, algunos han negado que existan leyes en el sentido que le han dado los filósofos.

Para empezar, parece evidente que no todo enunciado universal o probabilístico que exprese una regularidad en los fenómenos es una ley científica. El enunciado 'Todas las montañas del planeta Tierra miden menos de 9.000 metros de altitud', tiene la misma estructura formal que muchas leyes científicas y, sin embargo, pocos estarían dispuestos a reconocerlo como una ley. Más bien es un ejemplo de *generalización accidental*. El hecho de que haga mención a un objeto particular (el planeta Tierra) o que establezca una regularidad localizada en una región espacio-temporal no marca una diferencia significativa con respecto a las leyes científicas. Las leyes de Kepler, por ejemplo, no sólo tienen una referencia sumamente localizada, sino que hacen mención a objetos particulares (el Sol), y pese a ello fueron consideradas como leyes mucho antes de ser derivadas de las leyes de la mecánica newtoniana, que no incluyen ese tipo de menciones. Además, descartar como leyes a los enunciados acerca de regularidades espacio-temporalmente localizadas significaría excluir de antemano la posibilidad de leyes en la biología y en la geología. La cuestión entonces es la siguiente: ¿qué es lo que diferencia a una ley científica genuina de una generalización accidental?

En la tradición filosófica, desde Aristóteles a Locke, se consideraba que las leyes científicas establecían conexiones necesarias entre propiedades. Esto implicaba aceptar la existencia de una necesidad natural y objetiva que ligaba entre sí ciertos acontecimientos y no otros. Como es sabido, Hume, en el siglo XVIII, criticó desde bases empiristas la idea de una conexión necesaria entre objetos o acontecimientos. Para él la diferencia entre leyes y generalizaciones accidentales no era objetiva, sino que dependía de las diferentes actitudes que mantenemos hacia cada una de ellas (cfr. Ayer, 1988, pág. 114 y sigs.). Tanto las unas como las otras no expresan más que una conjunción constante entre fenómenos. Pero en el caso de las leyes, un hábito mental basado en esa repetición nos hace esperar el mantenimiento futuro de la regularidad observada. Habría,

en cambio, otras regularidades que no hacen aparecer este hábito de proyectar la regularidad hacia el futuro y que consideramos por ello accidentales. Hume descartaba, por carecer del más mínimo fundamento en la experiencia, el que realmente hubiera una conexión necesaria entre ciertos fenómenos. Lo único real y observable es la conjunción constante de los fenómenos. Reconocía que la idea de una conexión necesaria forma parte inevitable de nuestra noción de causalidad, pero creía que era una proyección de nuestra mente, algo que no podemos dejar de imaginar pero que no está en los objetos mismos⁴.

Ambas respuestas, sin embargo, la aristotélica y la humeana, resultan problemáticas. La primera por su carga metafísica, sospechosa para algunos (¿en qué consiste exactamente esa conexión necesaria entre los fenómenos y cómo puede ser analizada?). La segunda por el carácter subjetivo que atribuye a las leyes. Si la diferencia entre las leyes y las generalizaciones accidentales estriba únicamente en nuestra actitud epistémica hacia las mismas, sin que haya ninguna diferencia objetiva entre ellas, ¿qué es lo que hace entonces que tengamos precisamente una actitud epistémica distinta hacia las unas y hacia las otras? ¿Por qué unas regularidades hacen aparecer un hábito mental que nos lleva a proyectarlas hacia el futuro y otras no? Hume no dio una respuesta a estas preguntas y cabría añadir que no hay para ellas una respuesta satisfactoria desde planteamientos puramente humeanos (cfr. Psillos, 2002, cap. 5).

Un intento de resolver esta cuestión, muy influyente, aunque nunca consiguiera una forma acabada, fue el realizado en el seno de la corriente neopositivista (por N. Goodman, 1947 y R. Chisholm, 1946 inicialmente, expuesto en Nagel, 1981, cap. IV). En un primer momento, los neopositivistas no cuestionaron el enfoque extensional de las leyes científicas proveniente de Hume. Sin embargo, pronto se hizo evidente que este enfoque era inadecuado. Las leyes científicas, a diferencia de las generalizaciones accidentales, parecen en principio implicar algo más fuerte que la afirmación de que hasta el momento se ha observado una regularidad de hecho entre los fenómenos. Una ley científica (determinista) lleva aparejada la idea de que la regularidad se seguirá cumpliendo en casos no observados hasta el momento. Y si esto es así es porque se considera que, de algún modo, es imposible que la regularidad afirmada no se cumpla. Es decir, las leyes científicas parecen enunciar regularidades de cumplimiento necesario, dadas las condiciones establecidas en los antecedentes. Es perfectamente posible que hubiera habido en la Tierra montañas de más de 9.000 metros; pero si aceptamos la mecánica newtoniana, no es posible que dos cuerpos no se atraigan entre sí con una fuerza directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.

Para evitar recurrir a un concepto metafísico de necesidad o de conexión necesaria y mantenerse fiel al empirismo, los neopositivistas aceptaron una pro-

⁴ Esta interpretación de Hume ha sido, sin embargo, puesta en cuestión por algunos autores. Según éstos, Hume no habría negado la existencia de conexiones necesarias, sólo habría cuestionado la legitimidad que podamos tener para conocerlas (cfr. Beauchamp y Rosenberg, 1981).

puesta que se estimaba compatible con el análisis de Hume (si bien introducía conceptos modales) y podía evitar la carga metafísica que acarreaba el concepto de necesidad. Según dicha propuesta, la diferencia fundamental entre una ley científica y una generalización accidental estribaría en que sólo la primera puede justificar, en virtud de ciertas características a determinar, los correspondientes *enunciados condicionales subjuntivos* o *enunciados condicionales contrafácticos*. Veamos lo que esto significa.

Un enunciado condicional subjuntivo es un enunciado condicional (un enunciado del tipo 'Si A, entonces B') expresado en forma subjuntiva. Cuando se sabe positivamente que el antecedente A no se da en la realidad se dice que es un enunciado contrafáctico (literalmente, contrario a los hechos). Si yo sé que Juan no ha venido hoy a clase, podría formular el siguiente condicional contrafáctico: 'Si Juan hubiera venido hoy a clase, entonces no se habría perdido la explicación del concepto de ley científica.' Se supone que las leyes científicas permiten garantizar la verdad de enunciados de este tipo acerca de los fenómenos englobados bajo la ley. Tomemos el caso de la ley de caída de los graves de Galileo: $v = v_0 + gt$, donde v es la velocidad que toma un cuerpo en su caída, v_0 es la velocidad inicial y g es la aceleración en la caída. Esta ley lleva a que consideremos como verdadero un enunciado como éste: 'Si el Apolo XIII hubiera caído sobre la Tierra, su velocidad al llegar al suelo habría sido igual a su velocidad inicial al comenzar la caída más $9,8 \text{ m/s}^2$ multiplicado por el tiempo en segundos que hubiera tardado en caer.' Del mismo modo sucede, por poner otro ejemplo, con el principio de Arquímedes: 'Todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje ascensional igual al peso del fluido desplazado.' La aceptación de esta ley justifica la aceptación del enunciado 'Si Al Capone hubiese sido sumergido en las aguas del puerto de Nueva York, entonces habría experimentado un empuje ascensional igual al peso del agua desplazada.' En los dos casos citados la verdad de la ley obliga a concluir la verdad del enunciado contrafáctico correspondiente.

Esto no sucede, en cambio, con las generalizaciones accidentales. Supongamos que los astrónomos descubren algún día que en un planeta fuera de nuestro Sistema Solar hay una montaña que mide más de 9.000 metros y la bautizan con el nombre de *Mont Noir*. La verdad del enunciado que citábamos antes acerca de la altura máxima de todas las montañas terrestres no justificaría la conclusión 'Si el *Mont Noir* hubiera sido una montaña terrestre, habría medido menos de 9.000 metros de altitud'.

Según el análisis efectuado por los neopositivistas, las leyes científicas pueden justificar condicionales subjuntivos y contrafácticos porque (dejando al margen las leyes probabilísticas) son enunciados universales irrestrictos no vacuamente verdaderos —no los hace verdaderos el mero hecho de que no haya nada que satisfaga el antecedente— y los elementos de juicio en su favor no coinciden, a diferencia de las generalizaciones accidentales, con su ámbito de predicación. Esto les capacita para hacer predicciones y participar en explicaciones científicas. Volviendo a los ejemplos citados, la verdad del enunciado 'Todas las montañas del planeta Tierra miden menos de 9.000 metros de altitud' sólo

puede establecerse tras examinar todas las montañas terrestres de gran altura. Los elementos de juicio para confirmar la ley son todos y cada uno de los casos a los que la ley se refiere. Con lo cual, una vez aceptado el enunciado, ya no cabe hacer con él ninguna predicción, y carece de capacidad explicativa alguna. Sin embargo, por muchos casos que observemos de caídas de cuerpos sobre la superficie terrestre, quedará siempre un número indeterminado de casos por examinar. La aceptación de la ley de Galileo se hace, pues, antes de examinar todos los casos. Y, por tanto, una vez aceptada, podremos predecir —de forma falible, claro está— el comportamiento de los casos no observados y explicarlo mediante la ley (cfr. Goodman, 1947 y Nagel, 1981).

Esta propuesta tiene méritos innegables, pero desafortunadamente no puede valer como una condición necesaria y suficiente de las leyes científicas. Los enunciados analíticos, que no son leyes científicas, al menos en las ciencias empíricas, permiten también justificar sus correspondientes contrafácticos. El enunciado 'Todos los asnos son acémilas' justifica el enunciado 'Si Mickey Mouse fuera un asno, sería una acémila'.

Podría intentarse entonces, para salvar la propuesta, definir las leyes científicas como aquellos enunciados no analíticos capaces de justificar enunciados subjuntivos y contrafácticos. Pero tampoco esto resuelve definitivamente la cuestión. Hay que añadir las objeciones de quienes piensan que la capacidad de justificación mencionada es dependiente del contexto, y no puede atribuirse exclusivamente a la naturaleza de las leyes como tales (cfr. Van Fraassen, 1989). También se ha objetado que la capacidad de ciertas generalizaciones para justificar enunciados contrafácticos no puede servir para caracterizarlas como leyes porque es precisamente el hecho de que las consideremos como leyes científicas lo que nos lleva a considerar que pueden justificar dichos enunciados contrafácticos. Es más, no se ha conseguido por el momento determinar en qué circunstancias debemos considerar como verdadero un enunciado contrafáctico si no es implicando en ello a las leyes científicas. Sólo si el antecedente está ligado mediante una ley al consecuente podemos garantizar que, dado el primero se dará también el segundo. Luego se estaría presuponiendo que ya se tiene una noción clara de lo que son las leyes y se estaría cayendo en una argumentación circular (cfr. Psillos, 2002, págs. 145-148).

Un hecho importante en lo que se refiere a las leyes científicas, y que no se cumple con las generalizaciones accidentales, es que se considera muy deseable que mantengan conexiones entre sí, esto es, que en lugar de presentarse aisladas unas de otras, formen una estructura coherente y de apoyo mutuo. Esta interconexión es lo que permite su integración en teorías más generales, dentro de las cuales pueden llegar a ordenarse en un sistema jerárquico de leyes en el que algunas de ellas toman el carácter de leyes fundamentales y otras el de leyes derivadas. Así, en la mecánica newtoniana, las tres leyes del movimiento y la ley de la gravedad constituirían toda la base del sistema teórico. En ocasiones, como Nagel reconoció, el que consideremos a un enunciado una ley científica depende de que esté integrado en un sistema semejante (cfr. Nagel, 1981, pág. 76). Este hecho ha servido también como base para carac-

terizar a las leyes científicas sin tener que abandonar el enfoque humano. Los antecedentes de esta posición pueden encontrarse en la obra de Mill, pero su defensor más destacado ha sido David Lewis. Su propuesta, en pocas palabras es esta:

Una generalización contingente es una *ley de la naturaleza* si y sólo si aparece como teorema (o axioma) en cada uno de los sistemas deductivos verdaderos que consiguen una mejor combinación de simplicidad y fuerza (Lewis, 1973, pág. 73).

Así pues, lo esencial es que las leyes son capaces de integrarse en sistemas deductivos de cierto tipo mientras que las generalizaciones accidentales no lo son. La diferencia ya no está en nuestra actitud mental hacia unas y otras, sino en un rasgo independiente de nuestra mente. No obstante, también esta propuesta adolece de ciertas dificultades (cfr. Armstrong, 1983, cap. 5 y Tooley, 1987, págs. 56-57). No está claro, por ejemplo, si toda regularidad susceptible de integrarse en un sistema deductivo apropiado puede justificar, como se espera de una ley, su correspondiente enunciado contrafáctico. Hay además quien piensa que la integración en un sistema deductivo sigue siendo una diferencia demasiado poco objetiva para diferenciar leyes y regularidades accidentales (cfr. Psillos, 2002, pág. 152).

Frente a estas posiciones humanas, que han sido predominantes a lo largo del siglo xx, están los que defienden que las leyes científicas van ligadas a algún tipo de necesidad, aunque sea una necesidad más débil que la aristotélica. Popper (1962, apéndice X) asumió que las leyes científicas describen necesidades físicas (en el sentido de que se mantienen en todos los mundos posibles que difieren del real sólo en las condiciones iniciales o, en el caso de las leyes probabilísticas, en el sentido de que describen propensiones objetivas) y esto bastaría para explicar por qué permiten justificar condicionales subjuntivos y contrafácticos. No obstante, la caracterización de Popper fue acusada de circularidad, pues un mundo posible que sólo difiere del mundo real en las condiciones iniciales sólo puede entenderse como un mundo en el que se cumplen las mismas leyes que en el real (cfr. Urbach, 1988).

Los defensores más destacados de la idea de que las leyes científicas implican la idea de necesidad «nómica» han sido Fred Dretske (1977), David Armstrong (1983) y Michael Tooley (1987). Estos autores consideran que las leyes científicas expresan relaciones entre propiedades o universales, y por ello se califica a su posición de «realismo sobre las leyes». Tomaremos aquí como representativas del grupo las tesis de Dretske:

Decir que es una ley que los F son G es decir que «todos los F son G» ha de ser entendido (en la medida en que expresa una ley) no como un enunciado sobre las extensiones de los predicados «F» y «G», sino como un enunciado singular que describe una relación entre las propiedades universales de F-idad y de G-idad. En otras palabras [...], ha de ser entendido como teniendo la forma: La F-idad $\rightarrow$ la G-idad (Dretske, 1977, págs. 252-253).

Según Dretske, las leyes no son, por tanto, enunciados universales acerca de objetos o situaciones particulares, sino enunciados singulares acerca de propiedades universales. La ley que afirma que los metales son buenos conductores de la electricidad no debe entenderse como el enunciado universal 'Todos los metales son buenos conductores de la electricidad', sino como el enunciado singular 'La propiedad de ser metal implica la propiedad de ser un buen conductor de la electricidad'. El hecho de que las leyes vayan más allá de los objetos particulares y se refieran a propiedades es precisamente lo que les permite, según Dretske, justificar a los contrafácticos. Al ser las propiedades las que están ligadas, si un objeto adquiriera la propiedad F, tendría que adquirir la propiedad G. El poseer la una exige de alguna manera el poseer la otra. De este modo, como queda claro en el caso de las generalizaciones accidentales, sería falaz un razonamiento de este tipo:

Todos los F son G
 Esto es F
 Luego esto ha de ser G

Pero este otro sería perfectamente válido:

La F-idad $\rightarrow$ la G-idad
 Esto es F
 Luego esto ha de ser G

En el primer caso, la conclusión tiene un carácter modal que no tienen las premisas. Se produce un salto ilegítimo, y de ahí que el razonamiento no sea válido. En el segundo caso, el carácter modal de la conclusión se deriva de la relación entre propiedades establecida en la primera premisa. En el caso de las generalizaciones accidentales, es esta relación entre propiedades la que falta. No podemos concluir que el *Mont Noir* habría medido menos de 9000 metros de altitud si hubiese sido una montaña terrestre porque no hay ninguna relación establecida entre la propiedad de ser una montaña terrestre y la propiedad de medir menos de 9.000 metros. Pero sí podemos concluir que un trozo de metal encontrado fuera del Sistema Solar sería un buen conductor de la electricidad, ya que la ley establece que una cosa implica la otra.

Se ha objetado que muchas leyes tienen un dominio limitado de aplicación, por lo que no pueden tratarse de relaciones entre universales: las leyes de la mecánica newtoniana no se aplican a sistemas con velocidades cercanas a la de la luz o a sistemas subatómicos, las leyes de la relatividad general no se aplican a distancias muy pequeñas, en las que los efectos cuánticos son apreciables, etc. Y hasta pueden tratarse de idealizaciones que no son estrictamente correctas aplicadas a los sistemas reales, como es el caso de la ley de los gases ideales. Quizá alguna variante del realismo podría superar esta dificultad (cfr. Woodward, 1992). Pero, en todo caso, el principal problema con la propuesta de Dretske es que exige un compromiso con al menos cierto realismo acerca de los universales que no todos los filósofos de la ciencia están dispuestos a asumir. Y por si eso no bastara, queda además el hecho de que ninguna caracterización

de la relación de necesidad entre universales consigue definir qué es lo que hay en ella que sea *empíricamente* diferente de una regularidad accidental.

No podemos terminar este apartado sin mencionar que a partir de la década de los 80 algunos filósofos de la ciencia han puesto en cuestión la idea de que existan leyes de la naturaleza universales y necesarias y, en consecuencia, la idea de que la misión de la ciencia sea descubrir tales leyes. Bas van Fraassen (1989), Nancy Cartwright (1983) y Ronald Giere (1999), todos ellos adscritos a la *concepción semántica de las teorías*, han argumentado de forma independiente que las leyes universales, entendidas como afirmaciones generales acerca de sistemas reales —y no meramente acerca de modelos ideales—, son en su mayor parte falsas. Los sistemas reales rara vez son lo suficientemente simples para comportarse de acuerdo con dichas leyes. Por ejemplo, la ley galileana sobre el movimiento pendular es falsa como afirmación sobre sistemas reales, puesto que no existe el péndulo ideal en movimiento perpetuo al que la ley se refiere, y todos los péndulos reales están sometidos a fuerzas de rozamiento que no aparecen en dicha ley. No debería por ello concederse al concepto de ley universal el papel central que todavía hoy se le atribuye por parte de los filósofos para explicar el funcionamiento de la ciencia; un papel que, según estos autores, habría perdido en los escritos de los científicos actuales. Esta posición tiene la ventaja de acercar más la física a otras ciencias, como la biología o la economía. En ellas, en efecto, no cabe hablar de leyes en el mismo sentido que la ley de la gravedad o la ley de Coulomb, pero sí que encontramos modelos formales, frecuentemente matematizados, o generalizaciones contingentes que cumplen funciones explicativas. No obstante, debe reconocerse que el concepto de ley tiene un arraigo muy fuerte tanto en la ciencia como en la filosofía y sigue siendo un concepto útil para entender lo que hacen los científicos. Es difícil que sea abandonado o relegado, pese a los problemas señalados.

4. TEORÍAS

En su uso cotidiano se suele entender por teoría todo aquello que está muy alejado de la práctica o acerca de cuya verdad se duda porque no puede ser comprobado en la realidad. Esto conduce a que algunas personas malinterpreten el significado de expresiones como 'teoría de la evolución' o 'teoría de la relatividad' y crean que se trata de cosas que no se pueden saber con seguridad, que carecen de toda prueba, y que por eso «son sólo teoría». No es éste, sin embargo, el sentido con que en la ciencia y en la filosofía de la ciencia se usa el término 'teoría'.

He aquí, por otro lado, una definición que encontramos en un diccionario contemporáneo de epistemología, y que no es sino una versión resumida de la que diera Nagel en *La estructura de la ciencia*:

Una generalización o conjunto de generalizaciones que pretenden hacer referencia a entidades inobservables, e. g. átomos, genes, quarks, deseos in-

conscientes. La *ley* de los gases ideales, por ejemplo, se refiere sólo a observables tales como la presión, la temperatura y el volumen; la *teoría* cinético molecular se refiere a moléculas y sus propiedades (Dancy y Sosa [eds.], 1993).

Un problema con esta definición es que da a entender que las leyes sólo hacen referencia a entidades o propiedades observables, cuando no es así. Hay leyes, como la anteriormente citada de Elster y Geitel, que hacen referencia a inobservables. Precisamente, para salvar esta diferencia, Carnap y otros autores distinguieron entre leyes empíricas y leyes teóricas (cfr. Carnap, 1985, cap. XXIII). Y no deja de ser un uso forzado de los términos emplear, como hacen algunos, 'leyes teóricas' y 'teorías' como expresiones sinónimas.

En la filosofía de la ciencia actual ha habido dos enfoques distintos y en gran medida opuestos acerca de qué es una teoría científica y cuál es su estructura: la concepción enunciativa y la concepción semántica o modelo-teórica.

La concepción enunciativa ha sido defendida en diferentes versiones por los empiristas lógicos, Popper, Kuhn (aunque éste reconoció las virtudes de la concepción semántica para reconstruir su propia filosofía), Lakatos, Toulmin, Feyerabend, Laudan, Putnam y Niiniluoto, por citar sólo los nombres más importantes de una larga lista que incluye a la mayoría de los filósofos de la ciencia del siglo xx. Para dicha concepción, las teorías son entidades lingüísticas, es decir, sistemas de hipótesis en forma de enunciados generales más o menos estructurados jerárquicamente.

Los empiristas lógicos consideraban que en el caso ideal las teorías de las ciencias empíricas debían ser formuladas como un sistema de axiomas susceptibles de una interpretación fáctica. De los axiomas se derivarían deductivamente otros enunciados (teoremas) que desplegarían el contenido de la teoría en el dominio correspondiente. La interpretación que conecta los términos teóricos con términos referidos a fenómenos observables vendría dada por una serie de reglas de correspondencia abierta siempre a nuevas incorporaciones. Estas reglas de correspondencia especificarían las aplicaciones de las leyes teóricas (los axiomas) a los fenómenos y harían posible las predicciones empíricas. Un ejemplo de regla de correspondencia proporcionado por Carnap es: 'Si se produce una oscilación electromagnética de una frecuencia determinada, entonces se observará un color azul-verdoso de determinado matiz.' O también: 'La temperatura (medida por un termómetro) de un gas es proporcional a la energía cinética media de sus moléculas.' Ambos enunciados ponen en conexión cosas inobservables (una oscilación electromagnética o la energía cinética media) con cosas observables (un color o una señal en un termómetro) (cfr. Carnap, 1985, pág. 199 y sigs.).

Al componente teórico constituido por los axiomas y teoremas tomados sin interpretar —los postulados teóricos, en una palabra— se le designa como T, y a las reglas de correspondencia que proporcionan una interpretación se las designa como C. La teoría sería, pues, el conjunto TC de los axiomas y teoremas deducidos de ellos más la interpretación dada de los mismos. En pocas palabras, una teoría sería un cálculo formal interpretado (parcialmente) por las re-

glas de correspondencia. En la versión inicial, que sufrió significativas modificaciones, ofrecida por los neopositivistas, una teoría científica ha de cumplir las siguientes condiciones (cfr. Suppe, 1979, págs. 35-36):

1. La teoría se formula en un lenguaje de primer orden con identidad, L .
2. Los términos de L se dividen en tres clases disjuntas llamadas *vocabularios*:
 - a) *El vocabulario lógico*, que consta de constantes lógicas y términos matemáticos.
 - b) *El vocabulario observacional* V_o , que contiene exclusivamente a los términos observacionales.
 - c) *El vocabulario teórico* V_t , que contiene exclusivamente a los términos teóricos, es decir, a los que no son observacionales.
3. Los términos de V_o se interpretan como referidos a objetos físicos o a características directamente observables de los objetos físicos.
4. Hay un conjunto de postulados teóricos T cuyos únicos términos no lógicos pertenecen a V_t . T es el conjunto de axiomas que constituyen las leyes teóricas de la teoría.
5. Debe haber una definición explícita de los términos de V_t en términos de V_o mediante *reglas de correspondencia* C , es decir, para cada término ' T ' de V_t debe darse una definición de la siguiente forma:

$$\forall x (Fx \equiv Ox)$$

donde ' Ox ' es una expresión de L que contiene solamente símbolos de V_o y posiblemente del vocabulario lógico.

Esto, en esencia, es lo que se conoce como la '*Concepción Heredada*' (*the Received View*), por ser el modo de entender la ciencia y, en particular, las teorías científicas en el que se formaron la mayoría de los filósofos de la ciencia hasta los años 60. Entre las modificaciones principales que experimentó esta versión inicial estuvieron la inclusión en L de operadores modales, principalmente para dar cuenta del carácter de las leyes científicas, y la sustitución de las definiciones de los términos teóricos en función de términos observacionales por el requisito más débil de proporcionar una caracterización parcial de los primeros en función de los segundos.

Tras el declive del neopositivismo, estas estrictas exigencias formalizadoras fueron suavizadas o simplemente desestimadas por aquellos que siguieron defendiendo la concepción enunciativa. No sólo surgieron dificultades interminables para determinar la naturaleza y función de las reglas de correspondencia, sino que también la distinción absoluta entre los términos observacionales y los términos teóricos fue duramente criticada. Que el lenguaje teórico está irremediablemente cargado de teoría se convirtió en un lugar común en la filosofía de la ciencia. Esto afectaba a la base misma de la concepción neopositivista, ya que sobre esta distinción y sobre la posibilidad de establecer reglas de correspondencia entre los términos teóricos y los observacionales se fundamentaba el que los términos teóricos fueran cognitivamente significativos. Cada uno de ellos

satisfaría el criterio verificacionista de significado (que explicaremos en el Capítulo 4) en la medida en que fueran meramente abreviaturas de descripciones fenoménicas, es decir, descripciones que usan únicamente términos observacionales. Pero si los términos observacionales mismos contienen implicaciones teóricas, esta posibilidad se desvanecía.

Por otro lado, como señala Javier Echeverría (1999, pág. 45), la mecánica cuántica se reveló imposible de axiomatizar con un lenguaje de primer orden más identidad, y lo mismo podría decirse de la teoría de la relatividad. En realidad, muy pocas teorías en las ciencias empíricas fueron axiomatizadas siguiendo los preceptos neopositivistas (cfr. Hempel, 1979, pág. 187). Para algunos sencillamente no era adecuado pretender que todas las teorías científicas fueran reconstruidas como sistemas axiomáticos cuando la axiomatización, ya sea mediante la lógica de primer orden, ya sea mediante otras herramientas matemáticas, no es el modo habitual en el que los científicos construyen, presentan o aprenden las teorías y, por tanto, su papel en las ciencias empíricas es pequeño (cfr. Giere, 1988, pág. 88).

Aunque, como acabamos de decir, las pretensiones axiomatizadoras fueron abandonadas por los partidarios posteriores de la concepción enunciativa, éstos no ofrecieron una caracterización tan elaborada de la estructura de las teorías como la que ofreció el empirismo lógico. De hecho, con Popper el problema de la estructura de las teorías pasó a un lugar secundario en beneficio del problema del progreso científico y del cambio de teorías.

Sin embargo, en torno los años 60 comenzó a desarrollarse una alternativa a la concepción enunciativa de las teorías: la *concepción semántica*. Para dicha concepción el problema de la estructura de las teorías seguía siendo fundamental, pero el modo de enfocarlo y el instrumental analítico era muy diferente. Sus representantes más destacados son P. Suppes, B. van Fraassen, R. Giere, F. Suppe, J. Sneed, W. Stegmüller, W. Balzer y C. U. Moulines. Los cuatro últimos son defensores de un enfoque más formal dentro de la concepción semántica al que se conoce como 'escuela estructuralista'.

Frederick Suppe sitúa la base de la separación entre la concepción enunciativa y la semántica en que mientras que para la primera las teorías versan sobre fenómenos, para la segunda las teorías versan sobre *sistemas físicos*, como los gases ideales, las reacciones entre sustancias químicamente puras, las frecuencias genotípicas de poblaciones ideales o los patrones estímulo-respuesta en las conductas de individuos. Los sistemas físicos son «réplicas muy abstractas e idealizadas de los fenómenos, que son una caracterización de cómo se *habrían* comportado los fenómenos si se *hubieran* dado las condiciones idealizadas.» (cfr. Suppe, 1989, pág. 65). No es que Suppe afirme con esto que los defensores de la concepción enunciativa desconozcan la existencia de idealizaciones y de modelos en la ciencia. Se trata más bien de que para éstos dichas idealizaciones son el modo en que la teoría intenta recoger de forma tratable el comportamiento de ciertos fenómenos, mientras que para la concepción semántica, las teorías versan sobre esos sistemas idealizados o modelos, que representan sólo algunos aspectos concretos de los fenómenos, en lugar de hacerlo directamen-

te sobre los fenómenos en toda su complejidad. El nombre de concepción semántica viene precisamente de la importancia que se otorga al concepto semántico de modelo y a la semántica formal.

La concepción semántica de las teorías entiende que éstas no son básicamente entidades lingüísticas, como lo puede ser un sistema axiomático interpretado. Según dicha concepción, el componente principal de una teoría es una *estructura* formal de carácter matemático. Dependiendo de los autores, esa estructura formal es caracterizada como un predicado conjuntista —es decir, un predicado que define un conjunto— (como, por ejemplo, 'es un sistema mecánico-clásico'), un espacio de estados, o un sistema de relaciones. La estructura formal determina la clase de sus *modelos*, esto es, la clase de los sistemas concretos que encajan en ella (que satisfacen o —en el caso de los modelos potenciales— podrían satisfacer las condiciones —las leyes— que definen al predicado conjuntista). Los modelos proporcionan a su vez el contenido empírico de la teoría. Así, puede decirse que un péndulo ideal sin rozamiento, que satisface las leyes newtonianas del movimiento, es un modelo de la mecánica clásica que representa a los péndulos reales, los cuales sí experimentan fuerzas de rozamiento. Todos los modelos similares que satisfagan estas leyes formarían el contenido de la mecánica clásica. Una teoría científica estaría constituida por la estructura matemática compartida por sus modelos junto con las aplicaciones propuestas de la misma o, como dice Giere más genéricamente, por la población de sus modelos junto con varias hipótesis que conecten estos modelos con sistemas en el mundo real (cfr. Giere, 1988, pág. 85). En resumen: la teoría define un sistema abstracto; este sistema es satisfecho por una serie de modelos; y estos modelos son similares a los sistemas reales que pretenden ser explicados por la teoría.

Quando se propone una teoría —escribe Suppe—, se especifica la estructura de la teoría y se afirma una hipótesis teórica que declara que los fenómenos del mundo real (o un fenómeno particular del mundo real) mantiene(n) una relación de mapeo con la estructura de la teoría por la cual esta estructura modela la conducta dinámica de los fenómenos o fenómeno [...]. Esto está en un nítido contraste con la Concepción Heredada, que construye las teorías como la conjunción de enunciados de leyes y reglas de correspondencia que especifican cómo se manifiestan las leyes en los fenómenos observables (Suppe, 1989, pág. 4).

Así pues, en lugar de los axiomas y teoremas junto con las reglas de correspondencia, que constituían la estructura de una teoría según el neopositivismo, tenemos un conjunto de modelos y de hipótesis que señalan qué objetos del mundo real encajan con los modelos. El neopositivismo aceptaba que las teorías pudieran contener modelos. Para la concepción semántica una teoría *es* en realidad el conjunto de sus modelos. Los modelos no son entidades lingüísticas, aunque puedan ser formulados lingüísticamente. Entre las ventajas principales de este cambio está la desaparición de las reglas de correspondencia y de todos los problemas ligados a su caracterización, no siendo el menor de ellos la dis-

tinción teórico/observacional aplicada a los términos científicos. Esta distinción es sustituida por la distinción teórico/no-teórico, la cual es siempre relativa a una teoría concreta, en lugar de ser absoluta y universal.

Al abandonar la distinción teórico/observacional, la concepción semántica evita el tener que comprometerse con una base empírica para la ciencia descriptible en términos puramente observacionales. Un compromiso que resultaba rechazable para teorías avanzadas, en las cuales la determinación los términos presupone la validez de ciertas leyes teóricas. Pero al mismo tiempo queda abierta la posibilidad de que la descripción de unos datos concretos sea no-teórica en relación con la teoría para los que dichos datos cuentan como tales, ya que la carga teórica presente en la descripción puede provenir de otras teorías distintas. Otra ventaja es el hecho de que una misma teoría puede recibir axiomatizaciones diferentes sin dejar de ser la misma teoría. En cambio, si identificamos a una teoría con un conjunto de axiomas interpretados, con distintos axiomas tendremos distintas teorías.

Es la escuela estructuralista la que ha conseguido articular de forma más completa estas ideas, así que haremos una presentación somera de lo que dentro de ella se entiende por teoría. Dado que sus propuestas han recibido refinamientos sucesivos, nos atendremos a la caracterización que realizaron Balzer, Moulines y Sneed (1987).

Para los estructuralistas una teoría (o como ellos prefieren decir, un *elemento teórico*) es un par ordenado $\langle K, I \rangle$, en el que K es el *núcleo* estructural de la teoría e I el conjunto de *aplicaciones intencionales* o realmente propuestas de la teoría. Toda teoría consta, pues, de un componente K puramente formal que «dice algo» sobre ciertos sistemas físicos I . El núcleo K está constituido a su vez por diversos elementos, todos los cuales pueden ser caracterizados de forma matemática. Fundamentalmente son los siguientes:

- *Modelos potenciales* (M_p): Es el conjunto de todas las aplicaciones que podrían en principio ser modelos de la teoría porque cumplen ciertos requisitos estructurales para ello, aunque no se sepa todavía si satisfacen realmente la ley o leyes fundamentales de la teoría. Son estructuras que pueden al menos ser subsumidas bajo el marco conceptual de la teoría. En otras palabras, M_p sería el conjunto de los mundos posibles para la teoría.
- *Modelos (efectivos)* (M): Es el conjunto de todas las estructuras que, además de cumplir los requisitos anteriores, satisfacen realmente las leyes empíricas fundamentales. Por tanto, la relación entre la clase de los modelos efectivos y la de los modelos potenciales sería: $M \subseteq M_p$.
- *Modelos potenciales parciales* (M_{pp}): Son fragmentos de los modelos potenciales que pueden ser entendidos o interpretados independientemente de la teoría en cuestión. Podemos decir que son modelos potenciales en los que se han apartado los componentes teóricos y se han dejado sólo los que pueden ser descritos mediante términos no-teóricos relativos a dicha teoría. Constituyen la base empírica de la teoría.
- *Ligaduras (constraints)* (C): Son relaciones que conectan entre sí los diversos modelos dentro de una misma teoría. Establecen, por ejemplo, que un objeto tenga las mismas propiedades en diferentes modelos de la teoría.

- *Vínculos (links) (L)*: Son conexiones esenciales de los modelos de unas teorías con los de otras.

En cuanto a las aplicaciones intencionales *I*, no pueden ser caracterizadas de un modo puramente formal. Son los casos o ejemplos de la teoría que han sido propuestos alguna vez como tales por los científicos. Se trata, por tanto, de sistemas concretos con las características adecuadas y que se pueden describir con un vocabulario no-técnico en relación con la teoría en cuestión. En tal sentido, las aplicaciones intencionales son un subconjunto de los modelos potenciales parciales: $I \subseteq M_{pp}$.

En resumen, una teoría podría ser caracterizada como una estructura descrita por la tupla:

$$T = \langle M_p, M, M_{pp}, C, L, I \rangle$$

Algunos autores dentro de la concepción enunciativa no creen, sin embargo, que el enfoque semántico obligue a abandonar la visión de las teorías que ellos defienden. Niiniluoto piensa que no son incompatibles, pues en la mayor parte de los casos las estructuras formales compartidas por los modelos pueden ser definidas mediante un lenguaje suficientemente rico (cfr. Niiniluoto, 1999, pág. 119). Y J. H. Fetzer escribe al respecto:

Es, de hecho, difícil resistirse a la conclusión de que la concepción semántica es realmente la concepción estándar de un cálculo abstracto del que podrían proporcionarse varias interpretaciones (parciales o completas), pero donde la noción de satisfacción de los predicados ha desplazado a la noción de verdad de los enunciados. Dado que Alfred Tarski ha mostrado que, para estructuras formalizadas de la mayor parte de los tipos a los que acuden los teóricos de la concepción semántica, la verdad es reductible a la satisfacción, puede ser difícil discernir los beneficios de tal cambio (Fetzer, 1993, pág. 58).

Es lógico que las cosas no se vean del mismo modo desde el lado de los defensores de la concepción semántica. Para ellos, los cambios que implican dicha concepción significan una superación del enfoque anterior y, por tanto, un verdadero progreso filosófico. Así lo declaran expresamente J. A. Díez y C. U. Moulines:

El enfoque semántico, que enfatiza la referencia explícita a los modelos, más que a los enunciados, puede parecer una mera revisión del enfoque sintáctico propio de la Concepción Heredada. Es efectivamente una revisión, pues pretende expresar más adecuadamente una idea ya contenida en la concepción anterior, aunque insatisfactoriamente expresada. Pero no es una mera revisión si con ello se quiere sugerir que se trata de una revisión sin importancia. En cuanto conceptualización más satisfactoria de una idea esencialmente correcta pero insatisfactoriamente conceptualizada con anterioridad, ejemplifica el tipo de progreso al que se puede aspirar en filosofía (Díez y Moulines, 1997, pág. 330-331).

Más puntualmente, Paul Thagard (1988, págs. 37-38) ha acusado a la concepción semántica de cometer el mismo error que cometió la Concepción Heredada. Ambas ofrecen una visión excesivamente idealizada de lo que son en la práctica real las teorías científicas y del modo en que son utilizadas por los científicos, especialmente fuera de la física.

Una cuestión central que dejaremos para más adelante es la del estatus epistemológico de las teorías científicas, en particular el modo en que debe entenderse su relación con la realidad objetiva. Como veremos, hay básicamente dos posiciones enfrentadas: la instrumentalista y la realista, aunque con numerosas variantes y propuestas intermedias (pragmatismo, relativismo, constructivismo social, empirismo constructivo, realismo constructivo, realismo interno, etc.). Para el instrumentalismo las teorías son herramientas conceptuales útiles para organizar nuestra experiencia, para predecir experiencias nuevas, para manipular y para controlar los procesos naturales, para resolver problemas, etc; instrumentos de cálculo, en suma, cuyas afirmaciones no deben tomarse como enunciados verdaderos acerca de la realidad. Para el realismo las teorías científicas bien confirmadas han de aceptarse como verdades aproximadas; el mundo es en sus estructuras fundamentales como dicen las teorías científicas.

Detengámonos ahora un poco más en un concepto muy ligado al de teoría y que, como acabamos de comprobar con la concepción semántica, está recibiendo una atención cada vez mayor por parte de los filósofos de la ciencia. Me refiero al concepto de modelo. No hay un uso unívoco de este concepto en la ciencia y cualquier caracterización del mismo se ve obligada a recoger de algún modo esta pluralidad de usos. Pese a ello, se trata de un concepto central en la práctica científica, que en algunas disciplinas desplaza incluso al de teoría. Así, en la biología, en la química, en las ciencias sociales, disponemos de modelos rigurosos acerca de una gran diversidad de fenómenos, pero en muchos casos se carece de una teoría que los encaje. En estas disciplinas son los modelos más que las teorías los que dirigen el trabajo de los científicos y los que son utilizados como base explicativa de los fenómenos. De hecho, los modelos suelen ser una forma de desarrollar inicialmente una teoría (cfr. Leplin, 1980 y Hartman, 1995). El reconocimiento de la importancia de los modelos en la ciencia lleva a Frederick Suppe a manifestar de una forma elocuente el cambio de perspectiva producido en los últimos años:

Comencé [mi libro de 1974] *La estructura de las teorías científicas* afirmando que el problema «más central o importante» en filosofía de la ciencia es «la naturaleza y estructura de las teorías... ya que las teorías son el vehículo del conocimiento científico y están implicadas de un modo u otro en la mayor parte de los aspectos de la empresa científica». ¡Pues no se crean esto ni por un instante! Hoy en día gran parte de la ciencia es ateórica, como lo era entonces. Por ejemplo, el desarrollo de teorías es incidental en la mayor parte de la química actual. La tarea de la mayoría de las ciencias experimentales y observacionales es modelizar datos —de forma creciente además a medida que la ciencia se ha hecho computacionalmente intensiva. Hoy día los modelos son el vehículo principal del conocimiento científico (Suppe, 2000, pág. 109).

Se ha dicho que uno de los factores que determinaron la caída del positivismo lógico fue justamente su incapacidad para acomodar el uso de modelos en la práctica de la ciencia (cfr. Da Costa y French, 2000). Carnap llegó a considerarlos prescindibles, si bien Nagel reconoció su función heurística y explicativa.

Se ha discutido si el significado de 'modelo' es el mismo en las ciencias empíricas, como la física, la química o la biología, y en las ciencias formales, como la matemática (cfr. Suppes, 1960). No profundizaremos en ese debate. Nos atendremos únicamente a las ciencias empíricas. Incluso con esta restricción, hay diversas tipologías acerca de los modelos, que en ocasiones llegan a ser bastante heterogéneas. No obstante, algunos tipos de modelos se repiten en ellas más que otros, a veces bajo nombres distintos. Los más importantes aparecen ya en la clasificación ofrecida por Max Black en 1958 (cfr. Black, 1966, cap. 13). Un uso frecuente de este término, aunque de menor interés filosófico, es el que se refiere a los *modelos a escala*, es decir, a reproducciones de objetos, normalmente a una escala menor que el original, para facilitar su estudio en el laboratorio o para funciones didácticas. Por ejemplo, los modelos a escala de aviones para estudiar su comportamiento aerodinámico o los modelos de moléculas (como el ADN) formados con bolitas de plástico.

Quizás la distinción más básica que cabe hacer, y que paradójicamente recoge dos sentidos contrapuestos del término 'modelo', es la que separa entre *modelos matemáticos o formales* y los *modelos semánticos*. Muchas veces cuando un científico dice que sería muy útil modelizar una serie de fenómenos lo que quiere decir es que debería lograrse la elaboración de un conjunto de ecuaciones que permitieran representar o simular el comportamiento de dichos fenómenos. En tal sentido decimos, por ejemplo, que el modelo Volterra consigue representar de forma útil y manejable el sistema de interacciones entre los depredadores y sus presas; o decimos que los modelos informáticos actuales sobre el tiempo atmosférico no permiten realizar predicciones fiables que vayan más allá de cuatro días. Tanto las ecuaciones del modelo Volterra como los elementos que constituyen los programas informáticos de simulación del tiempo atmosférico son modelos matemáticos o formales. Los modelos matemáticos o formales son particularmente importantes a la hora de realizar predicciones, ya que éstas se ven facilitadas por el rigor y la capacidad deductiva de los mismos.

Los modelos semánticos son entidades (ya sean físicas o abstractas) que satisfacen un conjunto de ecuaciones o simplemente de enunciados teóricos. En tal sentido decimos que el Sistema Solar es un modelo de la mecánica newtoniana. Así pues, podemos decir que un conjunto de ecuaciones sobre un sistema es un modelo, pero también podemos decir que aquello que satisface esas ecuaciones es un modelo de las mismas. Las ecuaciones de Volterra constituyen un modelo matemático sobre las relaciones depredador/presa, pero también las relaciones entre lobos y conejos en una población determinada constituyen un modelo de las ecuaciones de Volterra. Los modelos semánticos pueden ser también estructuras matemáticas o formales. Así, las operaciones de suma y multiplicación son un modelo del Álgebra de Boole.

Los modelos también pueden ser entendidos como representaciones simplificadas de un sistema, y como tales suelen desempeñar en la ciencia fundamentalmente una función heurística y explicativa. En virtud del modo en que se lleve a cabo esta función, podemos distinguir entre *modelos teóricos* y *modelos analógicos*. Los modelos teóricos son un conjunto de supuestos teóricos que intentan explicar de forma esquemática o idealizada la estructura o el comportamiento de un sistema. Pueden variar enormemente en su complejidad, yendo desde simples diagramas conceptuales, como los diagramas de flujos empleados en ecología, hasta constructos cercanos en su desarrollo a una teoría elaborada, como en el caso del modelo atómico de Bohr. Ejemplos de modelos teóricos serían el modelo de bicapa lipídica para la membrana celular o el modelo de operón para la regulación enzimática de la expresión génica. El modelo de bicapa lipídica establece que las membranas celulares son estructuras fluidas formadas por una doble capa de moléculas de lípidos en la que se insertan moléculas de proteínas. En esa doble capa las moléculas lipídicas se sitúan con sus colas hidrofóbicas orientadas hacia el interior y sus cabezas hidrofílicas hacia el exterior. El modelo de operón fue propuesto por François Jacob y Jaques Monod en 1961. Un operón es un conjunto de varios genes estructurales —genes que codifican para proteínas—, que se transcriben juntos y tienen función similar, además de otras zonas controladoras del ADN que son reconocidas por proteínas represoras o activadoras —productos a su vez de genes reguladores. Estas proteínas inhiben o activan respectivamente la transcripción de los genes estructurales.

Los modelos analógicos pretenden también proporcionar una explicación de la estructura o funcionamiento de un sistema, pero no lo hacen mediante representaciones aplicables únicamente al sistema estudiado, sino mediante la comparación con un sistema análogo que resulte familiar o mejor conocido. El sistema análogo utilizado se supone que comparte con el sistema en estudio aspectos relevantes, pero no es representativo de él en todos los aspectos. Modelos analógicos serían el modelo de bolas de billar para los gases, el modelo de la propagación ondulatoria del sonido para la luz, el modelo planetario de Rutherford para el átomo o el modelo del computador para la mente. Aunque estos modelos son muy frecuentes en la ciencia, conviene tener presente que no todos los modelos científicos se basan en una analogía o funcionan como metáforas.

Estas distinciones no deben entenderse como exhaustivas ni como excluyentes. Como ya hemos dicho, el uso del término 'modelo' en la ciencia es muy diverso y cabría señalar aún algunos tipos de modelo que no hemos mencionado aquí. Por otra parte, las fronteras entre ellos no son precisas. Algunos modelos matemáticos podrían considerarse desde cierta perspectiva como un caso especial de modelos teóricos. Otros, en cambio, que se limitan a establecer relaciones funcionales descriptivas entre variables, no pueden ser considerados como tales. Y determinados modelos analógicos pueden funcionar a veces como modelos semánticos, ya que son susceptibles de proporcionar una interpretación de la teoría, e incluso —si son lo suficientemente complejos y estructurados— como modelos teóricos de pleno derecho.

CAPÍTULO 3

La explicación científica

1. EL CONCEPTO DE EXPLICACIÓN

De los temas clásicos en filosofía de la ciencia, el de la explicación científica es uno de los que más discusión, más literatura y más ejemplos pintorescos ha generado. Wesley Salmon recoge en su revisión de las cuatro últimas décadas una bibliografía sobre el tema con más de quinientos trabajos (cfr. Salmon, 1990). Entre los objetivos perseguidos por las ciencias empíricas hay dos que suelen citarse como básicos. Estos objetivos son *explicar* los fenómenos que despiertan la curiosidad del ser humano y *predecir* nuevos fenómenos para, sobre todo, propiciar un control de los mismos. Es decir, las ciencias empíricas no se conforman con *descubrir* y *describir* lo que ocurre con una precisión cada vez mayor, sino que buscan también un conocimiento sistemático que englobe los fenómenos dispersos y permita encontrar casos similares no observados con anterioridad. En ocasiones, desde cierto empirismo radical, se sostuvo que la ciencia sólo debe interesarse acerca de *cómo* suceden las cosas y no acerca de *por qué* suceden. Sin embargo, esta vieja máxima encierra una grave incompreensión del papel de la ciencia. Cuando fue propuesta sólo quería decir que la ciencia debe desentenderse de las causas últimas o metafísicas y no que la ciencia debiera abandonar toda búsqueda de leyes causales y convertirse en un memorando de observaciones recogidas en leyes empíricas¹.

¹ John Stuart Mill advirtió ya claramente del error que suponía desterrar de la ciencia la idea de causa, tal como había hecho Comte. Para Mill, como después para los neopositivistas, la causalidad es un cierto tipo de relación constante de sucesión formulable en leyes, y no debe ser arro-

Explicar significa etimológicamente extender, desenvolver, desplegar. En su acepción corriente se entiende que explicar un hecho es aclarar por qué se produjo; lo que, por lo general, consiste en señalar la causa del hecho. Aunque también puede consistir en otras cosas, como dar más detalles sobre el mismo, identificarlo con otro, o analizar sus componentes estructurales. El resultado de la explicación debe ser siempre una comprensión mejor del hecho. Esto se consigue mediante su incorporación al cuerpo de conocimientos previos a través de ciertos lazos que lo muestran como algo racionalmente aceptable dado ese mismo cuerpo de conocimientos junto con las circunstancias que concurrieron en el caso.

La explicación científica no es radicalmente distinta de la explicación ordinaria; no obstante, en virtud del mayor rigor del discurso científico, ha de cumplir condiciones más estrictas. No debe extrañar por ello si ciertas características propias de la explicación científica no son compartidas por cualquier otra modalidad de explicación en contextos extracientíficos. Lo que pueda decirse acerca de explicar científicamente un hecho no tiene por qué ser aplicable a la explicación del significado de un poema o al acto de explicarle a alguien que no habla nuestro idioma que se nos ha roto el radiador del coche.

Los filósofos de la ciencia han intentado buscar una estructura común a la diversidad de tipos de explicación en la ciencia, y para ello han formulado diferentes modelos de explicación. En este capítulo nos dedicaremos al análisis de los principales.

2. EL MODELO DE EXPLICACIÓN POR COBERTURA LEGAL

El primer modelo general de explicación que se ensayó y el que más influencia ha tenido fue el modelo por cobertura legal (*covering law model*). Como casi siempre en filosofía, se pueden encontrar antecedentes clásicos (por ejemplo, Aristóteles), pero los que lo propusieron inicialmente en su forma actual fueron J. S. Mill (1773/1843), N. R. Campbell (1920) y K. R. Popper (1962/1934) y los que lo desarrollaron fueron Carl G. Hempel y Paul Oppenheim (1948). Para dicho modelo explicar un fenómeno es proporcionar un argumento en el que el fenómeno en cuestión aparezca como conclusión de unas premisas que incluyan de manera implícita o explícita al menos una *ley general* —de ahí el nombre del modelo. En otras palabras: «La pregunta '¿por qué sucede el fenómeno?' deberá interpretarse como '¿De acuerdo con qué leyes generales y condiciones antecedentes se produce el fenómeno?'» (Hempel, 1979/1965, pág. 248). De modo similar, si lo que se trata de explicar es una ley en lugar de un fenómeno aislado (las leyes de Kepler o la ley de Galileo sobre la caída de los graves, pongamos por caso), el procedimiento a seguir es subsu-

jada por la borda junto con las causas entendidas como principios del ser al modo de la metafísica tradicional. Kuhn (1982) describe lo sucedido como la sustitución de un concepto estrecho de causa entendida como un agente activo por un concepto amplio para el que la causa de un fenómeno es aquello que explica su ocurrencia.

mirla bajo una ley más general (leyes newtonianas de la mecánica, por ejemplo). Así pues, *explicar científicamente un fenómeno es derivarlo como caso particular de una ley general junto con ciertas condiciones iniciales, mientras que explicar científicamente una ley es derivarla de otras leyes más generales*.

Cuando es posible *deducir* el fenómeno a partir de la ley (o una ley a partir de otra ley más general) este tipo de explicación recibe el nombre de *explicación deductivo-nomológica* (abreviadamente D-N), pero como no siempre es posible esto, hay, como ahora diremos, otros tipos de explicación pertenecientes también al modelo de cobertura legal.

De acuerdo con la presentación de Hempel, una explicación deductivo-nomológica consta de dos partes: el *explanandum* o enunciado descriptivo del fenómeno que se desea explicar y el *explanans* o enunciados a partir de los cuales se deriva el *explanandum* como conclusión. El *explanans* está a su vez formado por una o varias leyes generales ($L_1, L_2, L_3, \dots, L_n$) y por enunciados que describen las condiciones iniciales cuya concurrencia provoca la aparición del fenómeno ($C_1, C_2, C_3, \dots, C_k$). El esquema de este modo de explicación sería el siguiente:

$$\begin{array}{rcl} L_1, L_2, L_3, \dots, L_n & & \\ C_1, C_2, C_3, \dots, C_k & & \text{Explanans} \\ \hline E & & \text{Explanandum} \end{array}$$

La explicación deductivo-nomológica cumple dos requisitos que Hempel cree imprescindibles en cualquier explicación científica: el requisito de la *relevancia explicativa* (*explanatory relevance*) y el requisito de la *contrastabilidad* (*testability*)². El primero exige que la información aducida propor-

² Hempel y Oppenheim (1948) establecieron tres requisitos lógicos para la explicación, a los que Hempel (1965) añadió un cuarto de carácter empírico. Estos requisitos, de forma resumida, son:

- (R1) El *explanandum* debe ser consecuencia lógica del *explanans*.
- (R2) El *explanans* debe contener leyes generales exigidas realmente para la derivación del *explanandum*.
- (R3) El *explanans* debe ser contrastable mediante experimento u observación.
- (R4) Las oraciones que constituyen el *explanans* han de ser verdaderas.

(R1) y (R2) equivaldrían a lo que Hempel (1966) llama requisito de la relevancia explicativa, y (R3), al requisito de la contrastabilidad. (R4) caracteriza a las *explicaciones verdaderas* o correctas. La omisión de este último nos deja sólo con *explicaciones potenciales*. En ellas se cumplen los tres requisitos lógicos pero no se sabe aún si el *explanans* será verdadero y dará lugar a una explicación correcta. Este cuarto requisito resulta problemático para algunos por su extremada exigencia, y su aceptación conduce a consecuencias extrañas. Si no se puede hablar de explicaciones correctas hasta estar seguros de la verdad de sus premisas y, dado que es imposible establecer la verdad definitiva de una ley general como las que han de formar parte de las premisas según (R2), nunca estaremos autorizados para hablar de explicaciones correctas. Es más, tendríamos que concluir que leyes que son falsas estrictamente hablando, como las de la mecánica newtoniana, no pueden explicar correctamente ningún fenómeno.

cione una buena base para creer que el fenómeno que se va a explicar tuvo o ha de tener lugar; el segundo pide que los enunciados que componen la explicación sean empíricamente contrastables. La explicación deductivo-nomológica cumple el primer requisito con creces, toda vez que el *explanans* ofrece el fundamento lógico más fuerte posible para concluir el *explanandum*, a saber, lo implica deductivamente. Por lo tanto, aceptada de hecho la información contenida en el *explanans*, ha de concluirse por necesidad el acaecimiento del fenómeno en cuestión. El segundo requisito es también satisfecho, ya que el *explanans* implica que el fenómeno ha de producirse bajo ciertas condiciones, y eso es perfectamente contrastable. Si en tales condiciones el fenómeno no se produce, la explicación habrá quedado invalidada por la experiencia. En realidad, según Hempel, toda explicación que cumpla el requisito de la relevancia cumple también el de la contrastabilidad, aunque no a la inversa.

En cuanto a las leyes que forman parte de las explicaciones deductivo-nomológicas, habrán de ser enunciados universales *verdaderos* de la forma: 'En todos los casos en que están dadas las condiciones de tipo F, se dan también las condiciones de tipo G'. Pero eso sólo no basta. Como explicamos en el capítulo anterior, no todo enunciado universal verdadero es una ley científica. Hempel es de los que considera que es necesario que dicho enunciado sirva para justificar enunciados condicionales contrafácticos.

Una de las características más notables que se atribuye a la explicación deductivo-nomológica es que su estructura lógica es la misma que la de la predicción en las ciencias, con la única salvedad del orden en el procedimiento. Explicación y predicción serían las dos caras de la misma moneda. En la explicación tenemos el *explanandum* (fenómeno concreto) y buscamos el *explanans* conveniente (leyes y condiciones iniciales); en la predicción tenemos las leyes y las condiciones iniciales y buscamos un fenómeno futuro que se siga de ellas. Se afirma así que *tenemos una explicación de un fenómeno si y sólo si lo hubiésemos podido predecir*. El mismo argumento que nos sirve para explicar el fenómeno una vez que sabemos que éste se ha producido nos habría permitido predecirlo antes de que se produjera. La diferencia entre explicar y predecir es únicamente pragmática, se reduce al momento en que se formula el argumento: si se formula antes de conocer el fenómeno, predecimos, si se formula después, explicamos.

Por otra parte, Hempel estima que la explicación deductivo-nomológica proporciona una aclaración del concepto de causa y de explicación causal. Según Hempel, por 'causa' debe entenderse el «conjunto más o menos complejo de circunstancias y hechos que podría describirse por un conjunto de enunciados $C_1, C_2, \dots, C_k$ » (Hempel, 1979/1965, pág. 344). A su vez, por explicación causal debe entenderse la que «afirma implícitamente que hay leyes generales, digamos $L_1, L_2, \dots, L_r$, en virtud de las cuales la aparición de los antecedentes causales mencionados en $C_1, C_2, \dots, C_k$ es una condición suficiente para la aparición del hecho señalado en el *explanandum*» (ibíd.). Así pues, toda explicación causal no es más que una explicación deductivo-nomológica más

o menos disimulada e incompleta. Pero lo contrario no sucede: no toda explicación deductivo-nomológica es una explicación causal. Por ejemplo, tal como hemos dicho, también las leyes pueden ser explicadas deductivo-nomológicamente siendo subsumidas por leyes más generales; en este caso carecería de sentido afirmar que una ley es la causa de otra; que las leyes de la mecánica de Newton, pongamos por caso, son la causa de las leyes de Kepler. Por otra parte, hay explicaciones D-N de hechos singulares que no son explicaciones causales. Cuando se explica el hecho de que un péndulo tarde dos segundos en cada oscilación diciendo que su longitud es de 1 metro y que el período t de un péndulo está relacionado con su longitud l por la ley $t = 2\pi\sqrt{l/g}$, donde g es la aceleración de la gravedad, no parece muy correcto concluir que la longitud de 1 metro sea la *causa* del período de 2 segundos (nótese que si se hiciera esto, sería igualmente posible concluir que la causa de que mida 1 metro es que tiene un período de 2 segundos, puesto que la ley expresa una coexistencia de fenómenos y no una sucesión). Para que una explicación D-N sea causal, las leyes del *explanans* deben expresar una sucesión entre dos tipos de fenómenos.

Por razones fácilmente apreciables la explicación deductivo-nomológica no es aplicable en muchos ámbitos de las ciencias, especialmente en la biología y en las ciencias humanas y sociales. Son raras, según Hempel, las ocasiones en las que logramos obtener dentro de tales ciencias leyes universales como las anteriormente citadas que expresen una conexión permanente y sin excepciones entre los hechos. La mayor parte de las leyes que encontramos en ellas son *leyes probabilísticas*, o sea, leyes que expresan una conexión *probable* entre los hechos.

Cuando, por las razones que sea, sólo se dispone de leyes probabilísticas o estadísticas, las explicaciones resultantes no serán ya deductivo-nomológicas, porque el apoyo que el *explanans* proporciona al *explanandum* carecerá de la fuerza necesaria para ello. Hempel denomina a este tipo de explicaciones '*explicaciones probabilísticas*' o también '*explicaciones inductivo-estadísticas*' (abreviadamente I-S). Existen también explicaciones deductivo-estadísticas. Éstas se dan cuando una ley estadística es explicada por (derivada de) otras leyes estadísticas más generales.

Las diferencias básicas que las explicaciones I-S presentan con respecto a la explicación D-N son dos: en primer lugar, los enunciados legaliformes contenidos en el *explanans* son leyes probabilísticas en vez de enunciados universales, y, en segundo lugar, como consecuencia de ello, los enunciados del *explanans* no implican deductivamente el *explanandum*, sino que lo apoyan inductivamente. Este carácter inductivo de la explicación probabilística opera un efecto importante sobre su capacidad para predecir eventos futuros. Una explicación de este tipo se reduce a predecir un fenómeno dentro de los límites de una probabilidad dada, es decir, efectúa una '*predicción racional*', pero no una predicción científica en sentido técnico. Por eso, la no aparición del fenómeno predicho no conduce necesariamente al rechazo de la ley. El esquema de una explicación probabilística sería como sigue:

$$\frac{P(G/F) = r}{i \text{ es un caso de } F} \\ \hline \hline i \text{ es un caso de } G \quad [r]$$

El primer enunciado del *explanans* es la ley probabilística y significa que en una serie de ocurrencias de *F*, la proporción de casos que han dado como resultado *G* es igual a *r*, donde *r* es un número comprendido entre 0 y 1. Obsérvese que en este esquema la línea que separa el *explanans* del *explanandum* es doble y lleva junto a ella el número *r* encerrado entre corchetes. Ése es el modo de simbolizar que la relación entre ambos no es deductiva, sino inductiva, y que el grado de probabilidad que los enunciados del *explanans* prestan al *explanandum* es precisamente *r*. Es de suponer además que, para que la explicación sea válida, *r* debe ser mayor de 0,5, y cuanto más cercano a 1 mejor³. Valga como ilustración este ejemplo:

La probabilidad de que sane un individuo que sufre una infección por estreptococos y es tratado con penicilina es de 0,8.
Juan sufrió una infección por estreptococos y fue tratado con penicilina.

[0,8]

Juan sanó.

Hay una diferencia adicional entre las explicaciones I-S y las D-N que surge del carácter probabilístico de las primeras. Las explicaciones I-S adolecen de cierta *ambigüedad epistémica* que no se presenta en las explicaciones D-N. Imaginemos, por seguir con el ejemplo, que Juan sufrió una infección por una cepa de estreptococos resistentes a la penicilina, o bien que Juan es un octogenario de corazón débil. En tales circunstancias, la probabilidad de que un individuo sane si es tratado con penicilina es muy baja, y, por tanto, la probabilidad de que *no* sane es muy alta (pongamos 0,8). De ello resulta el siguiente razonamiento explicativo:

La probabilidad de que *no* sane un individuo que sufre una infección por estreptococos resistentes a la penicilina y es tratado con penicilina es de 0,8.
Juan sufrió una infección por estreptococos resistentes a la penicilina y fue tratado con penicilina.

[0,8]

Juan *no* sanó.

³ En la posdata de 1976 a la traducción alemana de *Aspects of Scientific Explanation*, Hempel sostiene que él nunca interpretó que fuera necesaria una alta probabilidad para que hubiera explicación I-S. Sin embargo, como ha señalado Salmon (1984), si se abandona esta interpretación resulta difícil mantener en pie el modelo de explicación por cobertura legal.

Lo paradójico en todo esto es que en ambos casos las premisas son aceptadas como verdaderas y, sin embargo, dan como casi seguras conclusiones que son contradictorias. Esto es algo que no podría ocurrir en la explicación D-N. En un razonamiento deductivo si las premisas se aceptan como verdaderas, la conclusión es también verdadera y su negación falsa, y no cabe derivar este enunciado falso de otras premisas aceptadas a su vez como verdaderas. En otras palabras, mientras que a partir de premisas que contengan leyes estadísticas aceptadas como verdaderas es posible atribuir una alta probabilidad a dos conclusiones contradictorias, no es posible *deducir* enunciados contradictorios a partir de premisas verdaderas. Expresándolo con más precisión, la ambigüedad epistémica de la explicación I-S se basa en el hecho de que en la lógica deductiva se pueden añadir nuevos términos al antecedente de una implicación sin que ello perturbe su validez, pero no sucede lo mismo en la lógica inductiva. Si A implica B, entonces la conjunción de A y C implica B. Pero por alta que sea la probabilidad de B dado A, eso no tiene ninguna influencia sobre la probabilidad de B dados A y C juntos.

Para solventar esta dificultad Hempel propone el requisito de la *máxima especificación*. No es un requisito formal que deban cumplir las explicaciones I-S, se trata más bien de un requisito para su aplicación en una determinada situación cognitiva. Según dicho requisito, «sería deseable que una explicación aceptable se basara en un enunciado de probabilidad estadística perteneciente a la más restringida clase de referencia de la cual sea miembro el hecho particular en consideración, según nuestra información total» (Hempel, 1979/1965, pág. 391). En el ejemplo que nos ocupa, si además de saber que Juan sufrió una infección por estreptococos, sabemos que la cepa que lo infectó es resistente a la penicilina, deberíamos incluir esta información en los razonamientos explicativos en los que fuera relevante, ya que hace que Juan pertenezca a una clase de referencia más restringida que la de los simples infectados por estreptococos, y las generalizaciones estadísticas que se hagan sobre esta clase restringida podrían ser diferentes de las que se hicieran sobre la clase más amplia de los infectados comunes. Una vez aceptado este requisito estamos en condiciones de rechazar el primero de los dos razonamientos explicativos sobre Juan por no recoger *toda* la información relevante disponible. En las explicaciones D-N el requisito de la máxima especificación es satisfecho necesariamente, ya que están basadas en leyes universales del tipo 'todo A es B', y si todo A es B, no puede haber un subconjunto de A en el que la probabilidad de B sea distinta de 1. Toda la información relevante en una explicación D-N está incluida en las premisas.

En resumen, la explicación I-S ha de estar siempre referida a una situación cognitiva concreta —es lo que Hempel llama '*relatividad epistémica de la explicación estadística*'—, mientras que en las explicaciones D-N el *explanans* implica el *explanandum* independientemente de lo que sepamos en cada momento, y su aceptabilidad depende sólo de la verdad de sus premisas.

No obstante, a pesar de las diferencias, la explicación I-S conserva grandes similitudes con la explicación D-N. El rasgo más sobresaliente que com-

parten es el objetivo final de subsumir (deductiva o inductivamente) un fenómeno bajo una ley (universal o probabilística), cumpliendo siempre el requisito de la máxima especificación. Por esa razón ambos tipos de explicación caen bajo el apelativo de 'modelo general de explicación por cobertura legal'.

El modelo que acabamos de exponer fue propuesto por sus defensores como un ideal lógico mejor o peor encarnado por las explicaciones formuladas normalmente en la ciencia. Sería vano esperar, de acuerdo con esto, que cualquier explicación científica venga estructurada exactamente en las formas descritas. Hempel reconoce que es frecuente encontrar *explicaciones elípticas* en las que se dan por supuestas ciertas leyes y no se las menciona en el *explanans*, e incluso *explicaciones parciales* o *esbozos de explicación*, que se encuentran lejos de las explicaciones completas en cuanto a su rigor y elaboración. Pero en todos los casos, según Hempel, se presupone el carácter subsumible del *explanandum* bajo una ley. Sin embargo, muchos críticos de este modelo han puesto en cuestión precisamente que todas las explicaciones científicas se basen explícita o implícitamente en leyes generales bajo las que quepa subsumir el *explanandum*. Las explicaciones en ciencias humanas y en biología rara vez pueden acudir a dichas leyes, incluso en forma de leyes estadísticas. En dichas ciencias son frecuentes más bien las explicaciones narrativas, que explican los hechos mediante un relato pormenorizado de los mismos, y cuya estructura no encaja en un modelo de cobertura legal.

3. CRÍTICAS AL MODELO DE EXPLICACIÓN POR COBERTURA LEGAL

Entre las críticas que se han formulado contra el modelo de explicación por cobertura legal, las más importantes son las que se centran en el primero de los requisitos que Hempel exigía a toda explicación: el requisito de la relevancia explicativa (cfr. Van Fraassen, 1980, págs. 104-106). Recordemos que éste pedía que la información explicativa aducida proporcionara una buena base para creer que el fenómeno ha ocurrido u ocurrirá.

Para empezar, se ha negado que dar una buena base para creer en la ocurrencia de algo signifique siempre explicar ese algo. Esto es particularmente claro en los casos de asimetría explicativa, cuando tenemos dos enunciados equivalentes uno de los cuales sirve para explicar el otro pero no al contrario. Usando un ejemplo anterior, el tener una longitud de 1 m (junto con la ley que relaciona el período con la longitud de un péndulo) explica por qué el período del péndulo es de 2 s; pero el tener un período de 2 s no explica por qué el péndulo mide 1 m (esto se explicaría por el hecho de que así lo ha querido su constructor). Ahora bien, ambos enunciados proporcionan una buena base para creer en el otro. Por consiguiente, tener un período de 2 s proporciona una buena base para creer que la longitud del péndulo es de 1 m, pero no «explica» esa longitud (cfr. Bromberger, 1966).

Esta crítica afecta a la tesis de la identidad estructural entre explicación y predicción, pues implica que hay ocasiones en las que podemos predecir fenómenos para los que no tenemos una explicación. A este respecto Israel Scheffler (1957) y (1963) y Michael Scriven (1959) argumentaron que una predicción científica podría basarse en un conjunto de datos sin necesidad de recurrir a ninguna ley, careciendo, por tanto, de capacidad explicativa. Pongamos por caso que después de muchos ensayos con diferentes metales comprobamos que la resistencia eléctrica de todos ellos aumenta conforme aumenta la temperatura. A partir de ahí es posible predecir que el aumento de la temperatura de un metal no analizado aún comportará un aumento de su resistencia eléctrica, y ello sin utilizar ninguna ley científica.

Como respuesta a esta crítica podría hacerse notar que para Hempel el requisito de la relevancia explicativa es una condición necesaria, *pero no suficiente*, de la explicación científica. El mismo cita un ejemplo para mostrar cómo puede darse una buena base para creer algo sin que se esté dando al mismo tiempo una explicación: el corrimiento hacia la parte roja del espectro luminoso que experimenta la luz procedente de las galaxias lejanas proporciona una buena base para creer que esas galaxias se alejan velozmente de nosotros, pero no explica por qué se alejan. Sin embargo, lo que Hempel no aclara es por qué en algunas ocasiones en las que aportamos una buena base para creer que algo ha ocurrido u ocurrirá estamos explicando y en otras ocasiones no lo estamos haciendo.

Una segunda crítica, inversa de la anterior, es la que plantea que no toda explicación proporciona una buena base para creer que algo sucederá, o lo que es igual, que no toda explicación es potencialmente una predicción. Consideremos dos ejemplos discutidos por el propio Hempel. En su artículo (1962) Scriven destacó que cabe explicar un hecho X si se encuentra para él una respuesta del tipo 'la única causa de X es A'; y, con todo, esta respuesta no siempre habría permitido una predicción del hecho si éste no hubiese sido conocido. Así, sabemos que la única causa de la *paresia* (cierto tipo leve de parálisis) es la sífilis no tratada, por lo que podemos explicar que alguien la padezca señalando que sufrió de sífilis y no recibió tratamiento. Pero sucede que sólo un porcentaje reducido de sífilíticos no tratados la manifiestan, de modo que no es posible predecir si un sífilítico determinado la desarrollará. Más bien la predicción que correspondería hacer es que no la desarrollará, puesto que las probabilidades de que no la desarrolle son mayores. Sobre este mismo punto, Stephen Toulmin adujo el caso de la teoría de Darwin. Dicha teoría posee un gran poder explicativo que le permite explicar el origen de las especies por la variación y la selección natural, pero no proporciona ningún instrumento para predecir la aparición de una nueva especie (cfr. Toulmin, 1961).

Hempel dio respuesta a estos ejemplos. Con respecto al primero, afirma que justamente por ser la paresia una secuela muy rara de la sífilis, la infección sífilítica no tratada no puede ser por sí sola una explicación adecuada de ella, contra lo que Scriven piensa. La sífilis es una condición necesaria para desarrollar la paresia, no una condición suficiente. Y «una condición que es nómica-

mente necesaria para la producción de un hecho, en general no lo explica» (Hempel, 1979/1965, pág. 364); sería algo así como explicar que un hombre ganó la lotería diciendo que había comprado antes un décimo. En cuanto a la objeción de Toulmin, Hempel intenta eliminarla distinguiendo entre la *historia* de la evolución y la *teoría* de los mecanismos subyacentes de la mutación y la selección natural. La historia de la evolución es una narración hipotética que *describe* las etapas evolutivas y, por lo tanto, no tiene un carácter explicativo. La teoría de la selección natural, en cambio, sí lo tiene. Hempel considera que si dispusiéramos de los datos pertinentes, dicha teoría podría explicar, por ejemplo, por qué desaparecieron los dinosaurios, aunque fuera de forma probabilística, y eso significa que ¡hubiéramos podido predecir su desaparición (probabilísticamente) antes de que ésta se produjera!

Esta respuesta de Hempel no ha satisfecho a sus críticos. Como dice Van Fraassen, en ella se presupone que, al menos en el nivel macroscópico, vivimos en un mundo determinista y que descubriendo todos los factores que desconocemos tanto la paresia como la desaparición de los dinosaurios habrían podido ser predichos con cierta seguridad. Pero existen casos en los que no cabe pensar que haya una información más completa que nos permita hacer una predicción. La vida media del uranio U^{238} es de $4,5 \times 10^9$ años. La probabilidad de que un trozo pequeño de uranio emita radiación en un intervalo corto de tiempo es muy baja. Supongamos, no obstante, que la emite. Diríamos que ese hecho —que hubiésemos sido incapaces de predecir— es explicado por la teoría atómica, dado que el material era uranio y que, según la mencionada teoría, ese material posee una determinada estructura atómica que hace posible la desintegración espontánea. La física atómica está llena de ejemplos en los que un fenómeno con una probabilidad muy baja es explicado en términos de la estructura atómica de los materiales (cfr. Van Fraassen, 1980, pág. 105).

Otro ejemplo que podría aducirse contra la tesis de la identidad estructural entre explicación y predicción es el que proporcionan los sistemas sensibles a las condiciones iniciales, o por expresarlo con un lenguaje más popular el de los sistemas que presentan el llamado 'efecto mariposa'. Se trata de sistemas caóticos cuyo comportamiento puede ser explicado científicamente mediante leyes deterministas, pero cuyo resultado final es altamente imprevisible en la práctica debido a los efectos multiplicadores que experimentan las diferencias infinitesimales en las condiciones iniciales de las que se parte en cada caso concreto. Ejemplos de estos sistemas, que ya fueron descritos por Henri Poincaré, son los sistemas físicos en equilibrio inestable, las condiciones meteorológicas o el juego de la ruleta. Una pequeña perturbación en las condiciones iniciales produce en tales sistemas un resultado final muy diferente del que se esperaría en caso de no haberse dado tal perturbación. En el ejemplo clásico, el aleteo de una mariposa sobre algún lugar de Japón provoca modificaciones en el movimiento de las moléculas que componen el aire, y tales modificaciones, si las circunstancias son apropiadas, pueden terminar desencadenando un ciclón sobre el Caribe.

Por su parte, Salmon ha señalado que el requisito de la máxima especificación para las explicaciones I-S es insuficiente porque, si bien garantiza que

toda la información relevante sea incluida en la explicación, no asegura que *sólo* se incluya información relevante (Salmon, 1984, pág. 31; cfr. Salmon y cols., 1971 y Salmon, 1990). Puede haber argumentos que cumplan el requisito y proporcionen un alto grado de probabilidad a su conclusión pero que no den lugar a una explicación científica satisfactoria. Supongamos que se nos dice que las personas que cogen un resfriado tienen una alta probabilidad de recobrase en una quincena si toman vitamina C. Ahora bien, el uso de la vitamina C no explica la curación del resfriado puesto que casi todos los resfriados desaparecen por sí solos en dos semanas. En todo caso podría decirse meramente que el uso de la vitamina C es relevante para la duración y severidad del mismo.

En la explicación D-N aparece un problema similar en la medida en que también en ella una información relevante puede proporcionar una buena base para creer algo y no ser una explicación de ese algo. Salmon lo ilustra con otro ejemplo: Juan evitó quedarse embarazado durante el año pasado porque estuvo tomando regularmente las píldoras anticonceptivas de su esposa, y todo hombre que toma píldoras anticonceptivas evita el embarazo. Aquí se cumplen todos los requisitos de la explicación D-N, incluido el de la relevancia, tal y como Hempel lo formula, ya que el *explanans* está formado por enunciados verdaderos que implican deductivamente el *explanandum*, proporcionando con ello una buena base para creer que el *explanandum* ha sucedido. Pero la información aducida es realmente irrelevante, porque Juan no se habría quedado embarazado de todas maneras. Salmon cree que el requisito de la relevancia debería hacer honor a su nombre y exigir que el *explanans* proporcione una base buena y relevante para el *explanandum*, es decir, que incluya *toda* la información relevante y *sólo* información relevante para el mismo. Precisamente, el modelo de explicación que él elabora intenta evitar este tipo de problemas.

Todavía es posible sacar de lo dicho una conclusión adicional. Del ejemplo de la parestia citado por Scriven, se sigue que una alta probabilidad no es una condición necesaria para tener una explicación científica legítima. Del ejemplo de la vitamina C citado por Salmon se sigue que una alta probabilidad no es una condición suficiente para tener una explicación científica legítima. La conclusión es obvia: una alta probabilidad del *explanandum* dado el *explanans* no es una condición necesaria ni suficiente para la explicación estadística. Por ello, como a continuación veremos, Salmon sustituye este requisito por el de la relevancia estadística (cfr. Salmon, 1984, pág. 32).

4. EL MODELO DE LA RELEVANCIA ESTADÍSTICA

El modelo de la relevancia estadística (*statistical-relevance model*, abreviadamente S-R) fue propuesto por Wesley C. Salmon (cfr. Salmon y cols., 1971) como intento de superar las deficiencias que el modelo de explicación por cobertura legal presentaba en lo referente sobre todo a la explicación I-S. Aunque

está muy ligado al modelo de Hempel —también es un modelo de cobertura legal en el que el *explanans* está formado por leyes (estadísticas)— difiere de él en aspectos importantes. Ante todo, para Salmon, la explicación no es (o no es siempre) un argumento, sino un conjunto de enunciados, o más precisamente, un conjunto de factores estadísticamente relevantes. Se establece que un factor *C* es estadísticamente relevante para un fenómeno *B* bajo las circunstancias *A* si y sólo si la probabilidad de *B* dado *A* es distinta en la presencia de *C* que en su ausencia:

$$P(B/A \cdot C) \neq P(B/A)$$

Según el criterio de Hempel $P(B/A \cdot C)$ debía ser alta para que la explicación fuese válida. Pero ejemplos como el de la paresia mostraban que este requisito era muy fuerte y que con una probabilidad baja cabía también hablar de explicación. El modelo de Salmon recoge esta crítica al no exigir siquiera que la probabilidad de *B* dado *A* en presencia de *C* sea mayor que la probabilidad de *B* dado *A*, sólo exige que sea significativamente distinta. Se comprende entonces por qué para Salmon las explicaciones no son argumentos. Al abandonarse el requisito de la alta probabilidad, el *explanans* no permite inferir, ni siquiera probablemente, que el suceso ocurrió y, por tanto, que el suceso debía esperarse. Únicamente permite establecer «qué clase de expectativas habrían sido razonables y bajo qué circunstancias debía esperarse» (1971, pág. 79).

Que la probabilidad del suceso en presencia de un factor *C* es distinta que en su ausencia quiere decir que o bien es mayor o bien es menor. Eso significa que habrá factores *positivamente relevantes* y factores *negativamente relevantes* para el fenómeno, y que ambos serán explicativos con el mismo derecho. No hay dificultad para entender por qué los factores positivamente relevantes sirven para explicar un fenómeno. Fumar treinta cigarrillos diarios es positivamente relevante para sufrir un cáncer de pulmón, luego en la explicación del cáncer de pulmón desarrollado por un individuo es lógico que aparezca como factor el hecho de que era un gran fumador. Pero resulta complicado entender cómo los factores negativamente relevantes —los que bajan la probabilidad de la ocurrencia de un evento— pueden servir para explicarlo. De nuevo un ejemplo nos lo aclara. Supongamos que un jugador novato de golf golpea una bola con el palo dándole una trayectoria desviada, pero, por un feliz accidente, la bola rebota en una rama y se introduce inesperadamente en el agujero. Sea *A* el golpe con el palo de golf, *D* el choque de la bola con la rama y *E* la caída de la bola en el hoyo. El caso es que $P(E/A) > P(E/A \cdot D)$. Es decir, la probabilidad de que, jugando al golf, una bola entre en el hoyo es mayor si no golpea antes una rama que si la golpea. Por lo tanto, el golpe en la rama es negativamente relevante para su introducción en el hoyo. Sin embargo, en estas circunstancias explica por qué la bola, que llevaba una trayectoria desviada, entró en él⁴.

⁴ A esto podríamos añadir que, aunque golpear en la rama es negativamente relevante para que una bola entre en el hoyo, se convierte en positivamente relevante cuando se sabe que la tra-

Para el modelo de Salmon la manera correcta de demandar una explicación de un hecho no es mediante la pregunta '¿por qué ocurre que x es B ?', sino más bien mediante esta otra: '¿por qué x , que es un miembro de la clase A , es un miembro de la clase B ?'; y la respuesta adecuada sería: ' x es también C , donde C es relevante para B dado A '. Esto es, en lugar de preguntar '¿por qué x sanó?', habría que preguntar '¿por qué x , que sufrió una infección por estreptococos, sanó?', siendo la respuesta ' x fue tratado con penicilina y la penicilina hace sanar a los infectados por estreptococos'.

De acuerdo con todo ello, para Salmon la explicación consiste en un conjunto de leyes de probabilidad empírica que relacionan las clases A y B , junto con un enunciado que afirma que x está incluido en una clase C relevante para B dado A :

$$\begin{aligned} P(B/A \cdot C_1) &= p_1 \\ P(B/A \cdot C_2) &= p_2 \\ &\vdots \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P(B/A \cdot C_n) &= p_n \\ x \in C_k \quad (1 \leq k \leq n) \end{aligned}$$

Para que la explicación sea válida debe cumplir además dos condiciones⁵:

- a) Que los valores de probabilidad $p_1, \dots, p_n$ sean todos diferentes.
- b) Que cada partición de A ($A \cdot C_1, A \cdot C_2, \dots, A \cdot C_n$) sea homogénea con respecto a B , es decir, que ninguna de las casillas de esta partición sea a su vez susceptible de subdivisión en algún modo relevante para la ocurrencia de B .

La condición (a) impide que se introduzcan subdivisiones irrelevantes, dejando pasar *sólo* las relevantes. En efecto, teniendo en cuenta que un factor relevante es el que hace variar la probabilidad «*a priori*» de que un x que es A sea también B , si un determinado factor no introduce ninguna variación en la probabilidad con respecto a otro factor, entonces es irrelevante. La condición (b) es análoga al requisito hempeliano de la máxima especificación y exige que se introduzcan *todas* las subdivisiones relevantes. No obstante, Salmon recalca

vectoria de la bola era desviada con respecto al hoyo antes de golpear en la rama. En efecto, si llamamos E a la caída en el hoyo de una bola que partió con trayectoria desviada, entonces $P(E/A) < P(E/A \cdot D)$. En hacer eso consiste esencialmente el *método de la recondionalización sucesiva* al que acude Salmon para solventar los problemas de la relevancia negativa (cfr. Salmon, 1984, páginas 197 y 199-200). Es dudoso, sin embargo, que ese método pueda resolver el contraejemplo de N. Cartwright (cfr. nota 6). Los problemas que se derivan de las relaciones de relevancia negativa han llevado a algunos, como Tuomela (1981), a negar que tengan capacidad explicativa alguna.

⁵ En su (1984, págs. 36-37), Salmon hace una exposición más detallada que incluye hasta ocho condiciones. Para nuestros propósitos, esta caracterización básica que ofrecemos es suficiente.

que esta condición ofrece una diferencia filosófica fundamental con respecto a Hempel. El requisito de Hempel era epistémicamente relativo, ya que lo que fuera relevante dependía de una situación cognitiva dada, en cambio el requisito de Salmon pide que la partición en casillas hecha en el *explanans* sea *objetivamente* homogénea, sin ningún tipo de relatividad epistémica.

Aplicando ahora esto al ejemplo de la infección (¿por qué x , que sufrió una infección por estreptococos, sanó?), y siendo

- A: la clase de los que sufren infección por estreptococos,
- B: la clase de los que sanan de una infección por estreptococos,
- C_1 : la clase de los que son tratados con penicilina,
- C_2 : la clase de los que no son tratados con penicilina,

la explicación quedaría así:

$$\begin{aligned} P(B/A \cdot C_1) &= 0,8 \\ P(B/A \cdot C_2) &= 0,4 \\ x &\in C_1 \end{aligned}$$

En ella se nos dice que x sanó porque pertenecía a la clase C_1 de los tratados con penicilina, y pertenecer a dicha clase es un factor relevante para que se sane de una infección por estreptococos. Pero esto no se establece como la conclusión de una inferencia de ningún tipo.

Obsérvese que si la probabilidad hubiera sido menor de 0,5, la explicación seguiría siendo válida. Esto se aprecia en el ejemplo de la paresia (¿por qué x , que es un ser humano, sufrió una paresia?):

Sean

- A: la clase de los seres humanos,
- B: la clase de los que sufren paresia,
- C_1 : la clase de los que han padecido sífilis sin tratamiento,
- C_2 : la clase de los que no han padecido sífilis sin tratamiento.

$$\begin{aligned} P(B/A \cdot C_1) &= 0,35 \\ P(B/A \cdot C_2) &= 0 \\ x &\in C_1 \end{aligned}$$

Esta explicación muestra que, aunque padecer la sífilis sin tratamiento no autoriza para inferir que se sufrirá de paresia, sin embargo, es un factor relevante que explica que ésta aparezca. No importa tanto que se atribuya al fenómeno una alta probabilidad como que se aporte información relevante para su ocurrencia.

Ahora se puede ver también qué es lo que fallaba, según Salmon, en el ejemplo de la vitamina C.

Sean

- A: la clase de los que padecen resfriado,
- B: la clase de los que se recuperan del resfriado en una quincena,

C_1 : la clase de los que toman vitamina C,
 C_2 : la clase de los que no toman vitamina C.

$$\begin{aligned} P(B/A \cdot C_1) &= 0,99 \\ P(B/A \cdot C_2) &= 0,99 \\ x &\in C_1 \end{aligned}$$

En este ejemplo se incumple la condición (a), puesto que la probabilidad de recuperarse del resfriado en una quincena es igual se tome vitamina C o no.

Cuando nos encontremos con el caso límite de que una de las probabilidades p_{ij} de las leyes estadísticas del *explanans* tiene el valor 1 y las restantes 0, estaremos ante una situación similar a la explicación D-N de Hempel, pues a todos los efectos prácticos, las leyes universales que aparecen en la explicación D-N podrían ser consideradas como leyes estadísticas a las que se atribuye probabilidad 1.

Una posible objeción contra este modelo de explicación es la que sostiene que las meras correlaciones estadísticas no explican nada en realidad. Un rápido descenso en el barómetro está altamente correlacionado con la llegada de una tormenta, pero no explica por qué se produce la tormenta. La respuesta de Salmon a esta objeción consiste en afirmar que un factor C , que es relevante para la ocurrencia de B en la presencia de A , puede ser «apartado» o «apantallado» (*screened off*) en presencia de otro factor D (cfr. Salmon, 1984, págs. 43-44). Dada una serie de días (A) en un lugar determinado, la probabilidad de que ocurra una tormenta (B) es diferente de la probabilidad de que ocurra una tormenta si ha habido poco antes un fuerte descenso barométrico (C). Luego es cierto que C es estadísticamente relevante para B dado A . Pero si añadimos el hecho de que en la zona ha habido también un descenso en la presión atmosférica (D), entonces se torna irrelevante el que ese descenso haya sido registrado en un barómetro. En presencia de D y A , C resulta irrelevante para B .

$$P(B/A \cdot C \cdot D) = P(B/A \cdot D)$$

Cuando un factor irrelevante ha sido «apartado» de esa manera, no debe ser incluido en el *explanans*.

En resumen, para el modelo S-R, explicar la ocurrencia de un fenómeno consiste en señalar que se dieron una serie de factores relevantes para dicho fenómeno. No son, como dijimos, factores que hacen altamente probable y esperable su ocurrencia, sino factores que modifican la probabilidad de que el fenómeno se produzca sin ellos.

Unos años más tarde Salmon cambió sustancialmente de opinión y renegó del modelo S-R como caracterización adecuada de la explicación científica. Se convenció de que se necesita algo más que señalar factores estadísticamente relevantes para tener una explicación (cfr. Salmon, 1977)⁶. El cambio tomó cuer-

⁶ Este cambio de opinión no es ajeno a las agudas críticas que recibió el modelo S-R. Quizá el contraejemplo más citado sea el de Nancy Cartwright, que muestra que la relevancia estadística

po especialmente en su libro de 1984 *Scientific Explanation and the Causal Structure of the World*, donde introdujo modificaciones importantes en el modelo S-R y propuso sustituirlo por uno nuevo: el modelo *mecánico/causal*. Siguió reservando un papel para las relaciones estadísticas especificadas en el modelo S-R: constituyen la *base estadística* para una explicación científica. Pero pensaba ahora que «esa base ha de ser complementada por ciertos *factores causales* para constituir una explicación científica satisfactoria» (Salmon, 1984, pág. 34). En el modelo mecánico/causal no basta, pues, con mostrar los factores estadísticamente relevantes para la producción del fenómeno; las relaciones estadísticas entre observables tienen por sí solas poca o ninguna fuerza explicativa. Es necesario mostrar además que esos factores son relevantes en virtud de ciertas relaciones causales que mantienen con el fenómeno. La significación explicativa de las relaciones de relevancia estadística sería indirecta; residiría en el hecho de que constituyen una evidencia en favor de las relaciones causales escribe Salomón:

Ahora me parece que la explicación es un asunto con dos niveles. En el nivel más básico es necesario, para los propósitos de la explicación, subsumir el evento a ser explicado bajo el conjunto apropiado de relaciones de relevancia estadística, tal como exigía el modelo S-R. En el segundo nivel, según me parece, las relaciones de relevancia estadística invocadas en el primer nivel han de ser explicadas en términos de relaciones *causales*. Desde esta postura, la explicación es incompleta hasta que se hayan proporcionado los componentes causales del segundo nivel (Salmon, 1984, pág. 22).

El modelo de explicación por cobertura legal de Hempel y el modelo erótico de Van Fraassen, al que aludiremos después, se encuadran en lo que Salmon denomina en esta obra '*concepción epistémica de la explicación*'. Para tal concepción explicar un fenómeno es derivarlo inferencialmente de algunas regularidades que se dan en la naturaleza, sin que importe realmente qué tipo de mecanismos subyacentes originan esas regularidades. A esta concepción Salmon opone la *concepción óntica* de la explicación, en la que se incluye su modelo mecánico/causal⁷. Para esta última, explicar «consiste en exhibir el fenómeno a ser explicado ocupando su lugar en los patrones (*patterns*) y regularidades

ca no es suficiente para proporcionar una explicación. El que se haya rociado hiedra venenosa con un defoliante de un 90 por 100 de efectividad es relevante para explicar la muerte de esta hiedra venenosa, puesto que la probabilidad de que muera es mayor si es rociada con el defoliante que si no lo es. Ahora bien, el 10 por 100 de las plantas permanecen vivas. Y resulta que el que hayan sido rociadas con el defoliante ¡es relevante para explicar su supervivencia!, ya que la probabilidad de que sobrevivan una vez rociadas con defoliante es menor (y, por ende, distinta) que si no hubieran sido rociadas. Sin embargo, la pregunta '¿por qué está aún viva esta planta?' no puede ser contestada diciendo 'porque fue rociada con defoliante' (cfr. Cartwright, 1979).

⁷ Salmon habla también de la concepción modal de la explicación, representada por D. H. Mellor (1976) y G. H. von Wright (1979). No obstante, la considera subsidiaria de la epistémica, ya que se reduce a sustituir la idea de que el *explanandum* es lógicamente necesario dado el *explanans*, por la idea de que es *físicamente* necesario, lo que, según Salmon, le conduce a mayores dificultades que a la concepción epistémica.

que estructuran el mundo» (Salmon, 1984, pág. 239); o dicho de otro modo, consiste en identificar la causa del fenómeno y «exhibir la relación causal entre esta causa y el fenómeno que hay que explicar» (pág. 122). La concepción óptica ve el mundo como una caja negra con *inputs* y *outputs* observables. La explicación debe dejar al descubierto los mecanismos subyacentes de *producción* y *propagación* que conectan los *inputs* con los *outputs*. Explicar eventos es mostrar cómo encajan en la estructura causal del mundo (cfr. pág. 276).

Por lo tanto, para la concepción óptica no es suficiente subsumir el fenómeno bajo una serie de regularidades. Y no es suficiente porque no todas las regularidades tienen poder explicativo. Antes de Newton los marinos sabían que las mareas están relacionadas con la posición y las fases de la luna, pero esa regularidad conocida no tenía capacidad para explicar nada; más bien al contrario, era ella la que demandaba una explicación, y fue la ley de la gravitación de Newton la que la proporcionó. Así, hay regularidades legaliformes con poder explicativo y otras que necesitan ser explicadas. Es más, hay regularidades que son pseudoprocesos y regularidades que son procesos causales. Los pseudoprocesos no pueden explicar nada porque son parasitarios de los procesos causales y son explicados por éstos. Sólo los procesos causales explican. La diferencia entre ambos está en que los procesos causales son capaces de transmitir señales (y, por tanto, son capaces de transmitir energía, información e influencia causal), mientras que los pseudoprocesos no lo son. También se puede decir que los procesos causales transmiten su propia estructura y que los pseudoprocesos no la transmiten. Un coche circulando por la carretera en un día soleado es un proceso causal; la circulación de su sombra es un pseudo-proceso. Si el coche colisiona con un muro, llevará las señales de la colisión después de que ésta haya ocurrido. En cambio, si su sombra colisiona con el muro, se deformará momentáneamente, pero recuperará la forma después⁸.

El concepto de causa que Salmon tiene en mente es, según su intención, un concepto básicamente humeano, elaborado a partir de las ideas que Hans Reichenbach expuso en su obra *The Direction of Time* (1956). La transmisión o *propagación* de una señal en un proceso causal desde un punto *A* hasta un punto *B* dentro del mismo proceso se define como el hecho de que la señal aparezca en cada punto entre *A* y *B* *sin interacciones adicionales*, hecho que puede ser visto como una especie de conjunción constante. Si un proceso es capaz de transmitir una señal, entonces puede transmitir cambios en su estructura; y si puede transmitir cambios en su estructura, es capaz de propagar influencias causales. La propagación de la influencia causal es esa conexión misteriosa entre causa y efecto de la que Hume hablaba. Al caracterizar la transmisión de una señal en los términos citados no se viola la teoría de Hume, puesto que no se recurre a ningún tipo de «poder oculto» proscrito por dicha teoría. Por su

⁸ Van Fraassen objeta que también la sombra propaga señales en este sentido, como, por ejemplo, que «su forma está relacionada en todo momento con la forma del coche de algún modo topológicamente definible, y que es negra» (1980, pág. 120).

parte, si los procesos causales son los medios a través de los cuales se *propaga* la influencia causal, la *producción* de la señal —el cambio de estructura que constituye esa influencia— obedece a la interacción de dos procesos causales:

Una señal es una modificación en un proceso, y si esta modificación persiste, la señal se transmite. Las modificaciones en los procesos ocurren cuando se cruzan con otros procesos; si las modificaciones persisten más allá del punto de intersección, entonces la intersección constituye una interacción causal y la interacción ha producido señales que son transmitidas (Salmon, 1984, pág. 170).

Con ello Salmon da por caracterizados los dos conceptos causales básicos: el de producción y el de propagación. Hay que puntualizar que con posterioridad Salmon ha renunciado también a explicar el concepto de causalidad en términos de transmisión de señales, si bien considera que dicha caracterización puede ser útil para *descubrir* procesos causales (cfr. Salmon, 1998, pág. 20).

Una de las críticas iniciales que recibió el modelo mecánico/causal la realizó Van Fraassen (cfr. Van Fraassen, 1980). En una explicación causal, sostiene este autor, no es necesario mencionar todos los factores estadísticamente relevantes que de una u otra manera forman parte de la red causal, sino sólo aquellos que son importantes o destacados (*salient*), y es a estos a los que llamamos comúnmente la causa del fenómeno. Para explicar la extinción del alce irlandés, hay una gran cantidad de factores estadísticamente relevantes —altura, distribución de los recursos alimenticios, hábitos migratorios, fauna y flora del entorno, etc.—, que habrían posibilitado su supervivencia si hubieran sido distintos, y que, sin embargo, no incluimos en la explicación. Basta con decir que el proceso de selección sexual favoreció a los machos de grandes cuernas y que esas cuernas fueron un obstáculo para la supervivencia en el entorno que el alce ocupaba. Los otros factores citados no son causas espurias ni son «apartados» por el desarrollo de las grandes cuernas; contribuyeron igualmente a la extinción del alce, pero no son los factores más destacados.

Ahora bien, ¿cómo saber en cada caso cuáles son los factores destacados que hay que tener en cuenta para elaborar una explicación? Según Van Fraassen, sólo el contexto nos lo puede decir. Un factor causal es destacado para una persona dependiendo de su orientación, de sus intereses, etc. No hay un criterio objetivo para determinar la importancia de un factor causal. Dicha importancia posee una índole pragmática y contextual. Para apoyar esta tesis, Van Fraassen recurre a un ejemplo de N. R. Hanson:

Existen tantas causas de x como explicaciones de x . Adviértase que un médico podría afirmar que la muerte del peatón paduano [atropellado por el carruaje de Galileo] acaeció como consecuencia de una «hemorragia múltiple», un abogado que ello se debió a «negligencia por parte del conductor», un constructor de carros la achacaría a «un defecto en la construcción de los frenos del carro», y a la «presencia de arbustos demasiado altos en aquella curva» el urbanista (Hanson, 1985-1958, pág. 142).

La conclusión que saca Van Fraassen es que los factores explicativos han de ser elegidos de entre un elenco de factores objetivamente relevantes, y que esa elección viene condicionada por otros factores que dependen del contexto en el que se pida la explicación. Existe, pues, una dependencia pragmática en la explicación que Salmon no tiene en cuenta, aunque eso no quita para que su modelo tenga validez en algunos tipos de explicación.

La réplica de Salmon (1984, págs. 126 y sigs.) malinterpreta realmente la cuestión. Salmon cree encontrar una respuesta al ejemplo de Hanson diciendo que el médico, el abogado, el constructor y el urbanista eligen una clase inicial de referencia distinta (el médico y el abogado eligen a los seres humanos, el constructor a los carruajes, el urbanista al mobiliario urbano), y eso les lleva a una diferente partición del *explanandum*. Pero considera que la explicación que todos buscan es la misma, en el sentido de que todos buscan el mismo conjunto de factores estadísticamente relevantes. Admite que cada uno está interesado en un determinado factor relevante, pero «el hecho de que una persona esté más interesada que otra en un factor relevante particular no significa que ambos estén buscando o encontrando diferentes explicaciones del mismo hecho» (Salmon, 1984, pág. 130). En cuanto al ejemplo del alce, Salmon lo explica recordando que no todos los antecedentes son relevantes. Para explicar por qué alguien que duerme se despierta, aduciremos el sonido del despertador, pero no que antes se había ido a dormir. «La moraleja es simple —escribe. Las condiciones necesarias antecedentes que son relevantes tienen importancia explicativa, si no han sido apartadas (*screened off*); las condiciones antecedentes irrelevantes no la tienen» (pág. 128).

Sin embargo, lo que Van Fraassen afirma no es que haya condiciones antecedentes irrelevantes que puedan ser «apartadas» (está claro que las hay), sino que hay condiciones relevantes, no «apartadas», que no son usadas en la explicación. No está diciendo que el médico, el abogado, el constructor y el urbanista no puedan ponerse de acuerdo en el conjunto de factores estadísticamente relevantes; está diciendo que, en función del contexto, sólo eligen algunos de ellos para su explicación y que lo que signifique '*A* es causa de *B*' varía en cada situación en la se pronuncia el enunciado. A eso Salmon no da respuesta; se limita a reconocer la importancia de esos factores pragmáticos para la identificación de las cuestiones sobre las que interroga la explicación, pero añade que «obviamente de todo ello no se sigue que [...] la explicación misma tenga que encarnar rasgos pragmáticos» (pág. 130).

Contra los modelos que, como el de Salmon, interpretan la explicación científica de un fenómeno como una elucidación de sus causas se ha aducido también que hay explicaciones legítimas que no recurren a las causas. Y esto no sólo en las ciencias formales, como la matemática, sino también en las naturales. Philip Kit-cher (1989, pág. 426) ofrece el siguiente ejemplo, que adopta de Elliott Sober: supongamos que descubrimos que la proporción de nacimientos en una ciudad durante un siglo ha sido 1,04 varones por cada mujer. Podría quizás intentarse una explicación causal de este fenómeno acudiendo a numerosos detalles de la producción de óvulos y espermatozoides, así como a características de todo el proceso reproductivo; pero una explicación científica más adecuada de dicha propor-

ción se basaría más bien en el hecho de que, por presiones evolutivas, nuestra especie, como muchas otras, mantiene una proporción 1:1 de individuos de cada sexo en edad reproductiva, siendo necesario el pequeño exceso de nacimientos de varones para compensar la mayor tasa de mortalidad en niños que en niñas hasta llegar a la edad reproductiva. Este hecho, sin embargo, no recoge los mecanismos causales que producen la mencionada diferencia en el número de los nacimientos.

5. EL MODELO EROTÉTICO DE VAN FRAASSEN

El modelo de explicación por cobertura legal se centra en los aspectos lógicos de la explicación, o, si se quiere, en los aspectos sintácticos y semánticos (los relacionados con la forma lógica y la verdad de las premisas). Los aspectos pragmáticos (los relacionados con las personas que intervienen en el proceso explicativo) son explícitamente tenidos por secundarios. El propósito de Hempel era precisamente «elaborar un concepto no pragmático de explicación, un concepto abstraído —por así decir— del pragmático» (Hempel, 1979/1965, pág. 418). El modelo de cobertura legal sería una reconstrucción lógica e idealizada de las explicaciones que realmente presentan los científicos, obviando las variaciones que los factores pragmáticos y contextuales introducirían en ellas. Tampoco el modelo de Salmon concede un lugar central a esos factores, tal como acabamos de explicar.

Sin embargo, ya en su (1962) Michael Scriven había insistido en que sin incluir los aspectos pragmáticos de forma suficiente, ningún modelo de explicación podría ser fructífero ni interesante. Un intento de elaborar una teoría de la explicación que contara con esos factores fue el de Bas C. van Fraassen (1980). Este autor advierte en primer lugar que el concepto de explicación no tiene por qué depender del concepto de verdad, como pretendía el modelo de cobertura legal —recordemos que dicho modelo exigía que las leyes del *explanans* fueran enunciados legales *verdaderos*. El enunciado 'la teoría *T* explica el hecho *E*' no comporta ninguna afirmación acerca de si *la teoría* es verdadera, empíricamente adecuada o aceptable. La teoría del flogisto, por ejemplo, explicaba los fenómenos de combustión aun cuando era una teoría errónea. «Por lo tanto, decir que una teoría explica un hecho u otro es afirmar una relación entre esta teoría y ese hecho que es independiente de la cuestión de si el mundo real, como un todo, encaja en la teoría» (Van Fraassen, 1980, pág. 98).

Marcando distancias con los modelos anteriores, Van Fraassen sostiene que una explicación no es un argumento (como en el modelo de cobertura legal), ni un conjunto de enunciados (como en el modelo S-R), sino una *contestación* a una pregunta-por qué (*an answer to a why-question*) (cfr. pág. 134).

Es necesario distinguir entre contestación (*answer*) y respuesta (*response*)⁹. Casi todo puede valer como respuesta a una pregunta, pero no toda respuesta

⁹ Traduzco de esta manera los dos vocablos ingleses porque 'contestar' tiene en castellano un sentido más fuerte que 'responder'. 'Contestar', además de 'responder', significa también 'comprobar' y 'confirmar'.

es propiamente una contestación, y hay respuestas que son mejores contestaciones que otras a una pregunta. Una contestación directa a una pregunta es la que proporciona suficiente información para contestar a la pregunta, pero no más.

Las preguntas-por qué, expresadas por una interrogación en un contexto dado, vienen determinadas por tres factores: el *asunto* P_k (*topic*), que es la proposición que aparece en la pregunta; la *clase de contraste* X (*contrast-class*), que es el conjunto de alternativas posibles entre las cuales se incluye el asunto ($X = (P_1, \dots, P_k, \dots)$); y la *relación de relevancia* R (*relevance relation*), que es el respecto-en-el-que se pide una razón y que determina lo que contará como un posible factor explicativo en un contexto dado. La relación de relevancia es relativa tanto al asunto como a la clase de contraste. Dicho brevemente, una proposición A es llamada *relevante para* Q si A mantiene la relación R con el par $\langle P_k, X \rangle$. Así pues, una pregunta-por qué Q puede ser caracterizada por el tripo

$$Q = \langle P_k, X, R \rangle$$

Imaginemos que se pregunta '¿por qué se ha muerto Juan?'. El asunto P_k de la pregunta sería: 'Juan se ha muerto'. La clase de contraste X podría ser: 'Juan se ha muerto, Pedro se ha muerto, Carlos se ha muerto, etc.', o bien: 'Juan se ha muerto, Juan no se ha muerto'. La relación de relevancia R serían los eventos 'conducentes a' la muerte de Juan, como una grave enfermedad, un accidente, el suicidio, «incluso los hechizos lanzados por las brujas —dice Van Fraassen— (puesto que la evaluación de lo que es una buena contestación viene después)» (1980, pág. 142). Obsérvese que si tomamos la primera clase de contraste, la pregunta debería entenderse como '¿por qué se ha muerto Juan?', es decir, lo que interesa explicar en ese contexto es por qué causa murió Juan en concreto, en lugar de Pedro o de Carlos. En cambio, si tomamos la segunda clase de contraste, la pregunta debería entenderse como '¿por qué *se ha muerto* Juan?', es decir, quiere saberse en este caso por qué no sigue vivo. Una respuesta a la primera pregunta podría ser que Juan contrajo una grave enfermedad (mientras que a Pedro lo atropelló un camión y a Carlos le cayó una maceta desde un balcón). Una respuesta a la segunda pregunta podría ser que Juan no consiguió sanar debido a que su sistema inmunitario estaba muy debilitado a causa de una enfermedad previa. Esto pone de manifiesto que los aspectos pragmáticos son, de hecho, importantes para saber qué explicación es la que se está demandando, ya que la misma pregunta puede reclamar respuestas diferentes en diferentes contextos.

En función de ello se define una contestación directa (*direct answer*) a la pregunta Q ¿por qué P_k ? del siguiente modo:

P_k en contraste con (el resto de) X porque A
o, abreviadamente:
porque A

donde 'porque' significa que A es relevante, en este contexto, para la cuestión; es decir, que A posee la relación R con $\langle P, X \rangle$.

Pero, como hemos dicho, no basta con dar una respuesta relevante para contestar satisfactoriamente a una pregunta. ¿Cómo evaluar entonces si una respuesta es una buena contestación a una pregunta? Toda pregunta surge en un contexto en el que hay un cuerpo K de teorías aceptadas e información fáctica. Ese contexto determina si es posible o no plantear la pregunta e incluso qué es lo que se pregunta. Preguntas que surgen en un contexto pueden carecer de sentido en otro contexto diferente: la pregunta acerca de por qué sigue la flecha moviéndose después de ser disparada pierde sentido con el paso de la física aristotélica a la física newtoniana. La evaluación de las respuestas ha de hacerse, por consiguiente, a la luz del contexto K . Hay al menos tres maneras de evaluar la contestación 'porque A ' en el contexto K :

La primera se interesa por evaluar si A misma es aceptable o probablemente verdadera. La segunda se ocupa de en qué medida A es favorable para el asunto [del que se trate] frente a los otros miembros de la clase de contraste. [...] La tercera se ocupa de comparar la respuesta *Porque A* con otras posibles respuestas a la pregunta; y eso en tres aspectos. El primero es ver si A es más probable que las otras (dado K); el segundo es ver si es más favorable para el asunto que las otras; y el tercero es ver si se vuelve total o parcialmente irrelevante debido a otras respuestas posibles (cfr. Van Fraassen, 1980, págs. 146-147).

Aquí, en consonancia con lo dicho por Scriven, la explicación, o más precisamente, el *explanans* 'porque A ', no contiene leyes o regularidades estadísticas. Estas pertenecen al *background* de conocimiento K .

Toda esta caracterización vale, según Van Fraassen, tanto para las explicaciones científicas como para las no científicas. ¿Qué hace entonces que consideremos como científica a una determinada explicación? Sencillamente que las teorías en las que se basa para obtener información son teorías científicas y que la evaluación de la explicación se fundamenta igualmente en teorías científicas (cfr. Van Fraassen, 1980, págs. 155-156). En definitiva, una explicación es científica porque se da en el contexto de la ciencia. (Es comprensible que algunos hayan censurado esto como un fracaso a la hora de caracterizar propiamente a las explicaciones científicas, más que como una auténtica respuesta.)

El error de los modelos anteriores está, según Van Fraassen, en haber concebido la explicación como una relación diádica entre teoría y hechos, cuando en realidad es una relación triádica entre teoría, hechos y contexto. Una explicación es una respuesta a una pregunta-por qué y debe ser evaluada en función de la información que la pregunta demanda. Pero esta información solicitada varía con el contexto. Decir que una teoría explica un hecho es una manera resumida de decir que «hay una proposición que es una contestación eficaz, relativa a esa teoría, a la demanda de información sobre ciertos hechos que cuentan como relevantes para esa cuestión, y que comporta una comparación entre el hecho que ocurrió y otras alternativas (contextualmente especificadas) que no ocurrieron» (Van Fraassen, 1980, pág. 156).

El modelo de Van Fraassen permite superar dificultades en las que tropezaban los dos anteriores¹⁰, pero también tiene sus propios problemas. En relación al segundo criterio para la evaluación de las respuestas, Salmon (1984, págs. 108-109) ha insistido en que no sólo pueden ser explicados los miembros de la clase de contraste que se ven favorecidos, también pueden serlo los desfavorecidos. Según su ejemplo, tenemos una población de flores de guisante en la que la probabilidad de ser de color rojo es de $3/4$, la de ser blanca es $1/4$ y es de valores muy pequeños para cualquier otro color. La clase de contraste X contiene: 'la flor es roja', 'la flor es blanca', 'la flor es de otro color'. El cuerpo previo de conocimientos K contiene la genética mendeliana. Y la explicación A de por qué una flor es de determinado color especifica el carácter genético de la población de flores. Todo ello valdría tanto para explicar por qué una determinada flor es roja como para explicar por qué es blanca. Sin embargo, con los criterios de Van Fraassen, el color rojo es *favorecido* en el contexto K , por lo que sólo podríamos explicar por qué la flor es roja y no de otro color. Se trata, como vemos, de una objeción similar a la hecha anteriormente contra la tesis de que sólo las probabilidades altas tienen poder explicativo. Por otro lado, Salmon (1990, págs. 136-137) rechaza como errónea la idea que él mismo compartiera anteriormente de que toda demanda de una explicación puede ser formulada como una pregunta-por qué. Diversos autores habían ya señalado que determinadas explicaciones científicas responden más bien a preguntas de *cómo-(es)-posible* (*how-possibly*) —por ejemplo, '¿cómo es posible que los gatos al caer desde cierta altura lleguen siempre sobre sus pies al suelo?'—, o a preguntas de *cómo-(fue)-en-realidad* (*how actually*) —por ejemplo, '¿cómo llegó a haber mamíferos en Nueva Zelanda?' Además, la caracterización formal que Van Fraassen ofrece de la relación de relevancia R no impone a ésta ninguna restricción, lo que significa que, en principio, podríamos elegir cualquier relación por peregrina que fuera entre un asunto P_k y cualquier proposición verdadera A , y considerar que 'porque A ' es una explicación de P_k (cfr. Salmon, 1990, págs. 141-142). Salmon lo ilustra con un caso en el que P_k es 'John F. Kennedy murió el 22 de noviembre de 1963', R es la influencia astral y A es una descripción verdadera de la situación de los cuerpos celestes el día del nacimiento de Kennedy. Él considera que los criterios que establece Van Fraassen para evaluar la respuesta así dada en función del contexto K no sólo no tendrían por qué descartarla, sino que incluso podrían reforzarla. En mi opinión, sin embargo, esta objeción de Salmon puede ser contestada desde los supuestos con los que se evalúa toda respuesta dentro del modelo erotético. Basta con señalar que, dado el contexto cognoscitivo en el que nos movemos en la actualidad, los tres aspectos que se incluyen en el tercer criterio de evaluación que aparece en la cita de Van Fraassen que hemos hecho más arriba descartarían sin lugar a du-

¹⁰ Pasa con éxito el ejemplo que N. Cartwright oponía al modelo S-R: elimina el uso de defoliante como explicación de la supervivencia de la hiedra, pues dicho uso favorece la otra alternativa en la clase de referencia, esto es, la muerte de la planta. Permite dar cuenta también de los casos de asimetría explicativa, como el ejemplo del péndulo.

das la respuesta A de este ejemplo. No obstante, tiene razón Salmon al afirmar que éste no aclara en qué consiste una relación de relevancia satisfactoria.

También Achinstein piensa que el modelo de Van Fraassen no pasa algunos de los contraejemplos que afectaban a los otros modelos. Supongamos que Juan tomó 10 g. de arsénico y fue inmediatamente atropellado por un coche, muriendo inmediatamente a consecuencia del atropello. La respuesta 'porque tomó 10 g de arsénico' a la pregunta '¿por qué murió Juan?' cumpliría todas las condiciones puestas por Van Fraassen para ser una buena respuesta, y no así la respuesta 'porque fue atropellado por un coche', ya que la probabilidad de morir al ser atropellado por un coche es menor que la probabilidad de morir al tomar 10 g de arsénico, con lo que esta segunda respuesta incumpliría el segundo aspecto del tercer criterio de evaluación. Pero sabemos que la respuesta correcta es esta última. De ahí concluye Achinstein que las condiciones de probabilidad que establece Van Fraassen no son suficientes para garantizar la verdad de las respuestas a una demanda de explicación (cfr. Achinstein, 1989-1983, pág. 215).

Finalmente, podríamos decir que no siempre explicar es explicar desde una teoría, como defiende Van Fraassen. La investigación desarrollada en los años 50 por la *American Cancer Society* mostró que fumar produce cáncer basándose en la constatación de regularidades estadísticas empíricas y no en alguna teoría sobre las causas del cáncer. Aunque se carezca de una tal teoría, si poseemos esos datos estadísticos, podemos explicar por qué un individuo que fuma más de tres paquetes diarios durante varios años desarrolla un tumor. No conoceremos los mecanismos causales mediante los que el tabaco produce el tumor, pero sabremos al menos que entre las causas del mismo está el fumar tabaco¹¹.

6 LA EXPLICACIÓN COMO UNIFICACIÓN

Una propuesta que ha despertado gran interés en las últimas décadas consiste en entender la explicación científica como la unificación o sistematización de los fenómenos bajo unos principios teóricos comunes. La idea está ya en Friedman (1974), pero nos limitaremos aquí a la versión de Philip Kitcher (1976, 1981, 1989 y 1993). Según la concepción unificacionista, una explicación científica ha de aumentar nuestra comprensión del mundo; por ello, para contar con una buena explicación de un fenómeno no es suficiente con inferirlo de una serie de premisas que incluyan ciertas generalizaciones, sino que estas premisas deben permitir unificar otros fenómenos bajo los mismos supuestos teóricos. Es decir, el mismo *patrón argumentativo* debe servir para subsumir dife-

¹¹ Habrá, sin embargo, quien considere que en este caso no se ha dado una verdadera explicación; así, desde el modelo mecánico/causal de Salmon, se niega que haya explicación sin el conocimiento de esos mecanismos causales. También Suppe (1988) niega que el citado estudio sobre el cáncer explique por qué alguien lo desarrolla.

rentes enunciados aceptados acerca de diversos fenómenos. Esto significa que deben evaluarse grupos de explicaciones en lugar de explicaciones aisladas: «Captar el concepto de explicación es ver que si se acepta un argumento como explicativo, se está obligado a aceptar como explicativos otros argumentos que ejemplifican el mismo patrón» (Kitcher, 1981, pág. 334). Éste es, de hecho, el modo en que progresa la ciencia:

La ciencia hace avanzar nuestra comprensión de la naturaleza mostrando cómo hemos de derivar descripciones de muchos fenómenos mediante el uso repetido de los mismos patrones de derivación, y, al mostrar esto, nos enseña cómo reducir el número de tipos de hechos que hemos de aceptar como últimos (o brutos) (Kitcher, 1989, pág. 432).

Los patrones argumentativos que mejor unifican el conjunto de enunciados asumidos en una ciencia en un momento dado son denominados por Kitcher la «reserva» explicativa (*explanatory store*) de esa ciencia. Un argumento sólo es aceptable como explicación si el patrón argumentativo que sigue forma parte de esta reserva explicativa, esto es, si forma parte de un conjunto de inferencias que son las que mejor unifican una serie de enunciados admitidos por la comunidad científica. La cuestión central, por tanto, para una teoría de la explicación es determinar qué condiciones debe cumplir dicha «reserva» explicativa. Y la idea central que hay tras la respuesta de Kitcher a esta cuestión se resume del siguiente modo: la «reserva» explicativa acerca de un determinado conjunto de enunciados admitidos proporciona la mejor unificación de los mismos en la medida en que consigue minimizar el número de patrones argumentativos empleados y maximizar el número de conclusiones obtenidas (cfr. Kitcher, 1989, pág. 432). Así por ejemplo, el programa newtoniano tuvo una enorme capacidad unificadora en la medida en que mostró que un mismo patrón de argumentos que incluía leyes acerca de fuerzas actuando sobre corpúsculos materiales permitía derivar un amplio elenco de enunciados aceptados. Del mismo modo, el darwinismo permitió unificar numerosos fenómenos biológicos bajo un mismo patrón argumentativo: la posesión de un rasgo complejo por parte de una especie queda explicada si se muestra cómo ese rasgo proporciona una ventaja adaptativa a dicha especie (cfr. Kitcher, 1981, pág. 333-334).

Como ilustración de lo que Kitcher entiende por patrón explicativo podemos citar el caso que él mismo ofrece de la explicación por parte de Dalton del hecho de que las reacciones químicas se producen de manera que los compuestos químicos siempre mantienen una proporción constante en los pesos de los componentes (hecho que conocemos como 'ley de las proporciones constantes o definidas') (Kitcher, 1993, pág. 107 y 1989 pág. 446):

Pregunta: ¿Por qué uno de los compuestos entre X e Y contiene siempre X e Y en una proporción de pesos $m:n$?

Respuesta:

1. Hay un compuesto Z formado por X e Y que tiene la fórmula $X_p Y_q$.

2. El peso atómico de X es x ; el peso atómico de Y es y .
3. La proporción de pesos de X e Y en Z es $px:qy$ ($= m:n$).

Instrucciones para completar: X, Y, Z se sustituyen por nombres de sustancias químicas; p, q se sustituyen por números naturales; x, y se sustituyen por nombres de números reales.

Clasificación: (1) y (2) son premisas; (3) se deriva de (1) y (2).

Como puede verse, un patrón argumentativo está constituido por una serie de «enunciados esquemáticos» (en este caso [1] [2] y [3]), que son enunciados en los que algunos términos no lógicos han sido sustituidos por variables; un conjunto de «instrucciones para completar», que indican cómo debe sustituirse cada variable en los enunciados esquemáticos; y una «clasificación», que describe las inferencias realizadas dentro del argumento. Tomemos por ejemplo como compuesto de referencia el CO_2 , en el que la proporción de pesos de sus componentes es 3:8, y nos preguntamos por qué es así. Siguiendo las instrucciones para completar (1), diría que hay un compuesto de carbono y oxígeno que tiene la fórmula C_1O_2 ; (2) diría que el peso atómico del carbono es 12 y el del oxígeno 16; y (3), que se derivaría de las premisas anteriores, diría que la proporción de pesos en este caso es $1 \times 12 : 2 \times 16$, es decir, 12:32, o lo que es igual, 3:8.

Hay algunas cuestiones a destacar en este punto. En primer lugar, Kitcher afirma que este modo de representar una explicación científica evita el problema de cómo caracterizar las leyes científicas, que tantas dificultades generó dentro del modelo de cobertura legal. Sencillamente se asume que las premisas universales aceptadas como premisas en las diversas ejemplificaciones de estos patrones argumentativos deben ser consideradas como leyes científicas, aun cuando se trate en muchas ocasiones de «mini-leyes». En este caso, deberíamos considerar como una «mini-ley» científica (que ejemplificaría la premisa 3) el que el carbono y el oxígeno se pueden combinar en una proporción 3:8. No entraremos aquí en si realmente Kitcher puede esquivar la cuestión de la distinción entre leyes científicas y generalizaciones accidentales. Ciertamente no todos los comentaristas creen que lo consigue.

En segundo lugar, en este modelo, las explicaciones científicas —y en esto hay coincidencia con el modelo de cobertura legal— son argumentos, pero Kitcher considera que la «reserva» explicativa sólo consta de argumentos *deductivos*, o dicho de otro modo, toda explicación científica es una explicación deductiva. Tampoco nos podemos detener en los argumentos que Kitcher esgrime para defender esta tesis arriesgada, aunque éste sea seguramente uno de los aspectos más discutibles de su propuesta (el lector interesado los encontrará en Kitcher, 1989, págs. 448 y sigs.).

Por último, explicaciones inaceptables como las anteriormente citadas acerca de la de la evitación del embarazo por parte de Juan o la de la longitud de un péndulo quedan descartadas, según Kitcher (1981, págs. 340-341 y 1989 págs. 482-488), como buenas explicaciones. Si aceptamos como explicación del hecho de que Juan no se quede embarazado el que toma la píldora anticonceptiva, tendremos que buscar otro patrón argumentativo distinto que permita ex-

plicar por qué no se quedan embarazados otros hombres que no toman la píldora; de modo que esta explicación será peor que otra que explique la falta de embarazos en todos los hombres, incluido Juan, apelando por ejemplo a las características de los órganos reproductores masculinos. Esta última será más unificadora. De forma análoga, si aceptamos como una explicación de la longitud de un péndulo el que su período tiene una magnitud determinada, tendremos que recurrir a otros patrones argumentativos distintos para explicar la longitud de otros objetos que no tengan movimiento pendular. Una explicación más unificadora sería la que apelara a ciertas circunstancias en las que se fabricó el objeto, a los objetivos de su fabricación y a las modificaciones posteriores.

Una posible objeción a la que Kitcher se adelanta es que al preferir patrones argumentativos unificadores sobre aquellos que no lo son estamos presuponiendo que el mundo está causalmente estructurado u ordenado, que no es un «revoltijo», y que por eso los patrones argumentativos unificadores son más explicativos. Ahora bien, este presupuesto exige una justificación que no se da. Por tanto, el modelo unificacionista está lastrado con una carga metafísica que no todos querrán llevar sobre sus espaldas. Kitcher responde a esta objeción poniendo de relieve que ella también parte de un presupuesto discutible: que el orden causal de la naturaleza es independiente de nuestra sistematización teórica de la misma. Él rechaza de plano este presupuesto. No hay un orden causal independiente que haya de ser capturado por nuestras explicaciones. Al contrario, «las nociones causales se derivan de las nociones explicativas» (Kitcher, 1989, pág. 495). De acuerdo con esto, podemos decir que «las explicaciones *correctas* son aquellos argumentos que aparecerán en la reserva explicativa en el límite del desarrollo racional de la práctica científica» (pág. 498).

No obstante, si aceptamos estas tesis de Kitcher, surgen dificultades adicionales (cfr. E. Barnes, 1992 y Woodward, 2002). Hay, para empezar, unificaciones teóricas en la ciencia que no permiten derivar conclusiones acerca de relaciones causales, como en los esquemas clasificatorios o en los procedimientos estadísticos para manejar grandes cantidades de información. Por otra parte, el hecho de que consideramos explicativos ciertos argumentos predictivos, pero no argumentos retrodictivos similares, parece indicar que, contrariamente a las tesis de Kitcher, nuestras nociones explicativas se basan en nociones causales y no a la inversa. Por ejemplo, consideramos que las leyes de la mecánica newtoniana y los datos sobre las posiciones actuales, las velocidades y las masas de los planetas del Sistema Solar explican las posiciones de dichos planetas en un momento posterior del tiempo. Pero, aunque esas mismas leyes y una información similar acerca de las posiciones de los planetas en un momento futuro permitirían igualmente derivar deductivamente sus posiciones actuales, no diríamos que esas posiciones actuales quedan explicadas de dicho modo. Esta diferencia obedece a que consideramos que las posiciones actuales (junto con el resto de las circunstancias presentes) son la causa de las posiciones futuras, y no al contrario. Curiosamente, tras haber resuelto otras asimetrías, el modelo unificacionista parece insensible a ésta, contra la cual también había chocado previamente el modelo de cobertura legal.

7. ¿ES POSIBLE UN MODELO GENERAL DE EXPLICACIÓN CIENTÍFICA?

Es evidente que desde sus inicios hasta llegar al modelo mecánico/causal de Salmon o el modelo de Van Fraassen ha habido un avance en los análisis acerca de la explicación científica, si por tal se entiende que los modelos han debido encontrar, con mejor o peor fortuna, respuestas para las diversas objeciones que han recibido, logrando con ello una mayor clarificación y precisión. El reconocimiento de que probabilidades bajas también explican y de que, por ende, la explicación no tiene por qué ser un argumento (Jeffrey y Salmon); la introducción de factores contextuales y pragmáticos en la determinación del significado de una demanda explicativa y en la evaluación de sus respuestas (Scriven y Van Fraassen); la elaboración de propuestas diversas, basadas en el conocimiento científico, para dilucidar el concepto de causa (Reichenbach, Mackie, Salmon, Dowe); el desarrollo de la lógica erotética (Bromberger, Belnap, Van Fraassen) ...; todo ello, se esté o no de acuerdo con los resultados obtenidos, ha significado un perfeccionamiento de los puntos de vista iniciales. No se puede decir, sin embargo, que un modelo haya superado definitivamente a otro o que haya contado con el apoyo sin reservas de la mayoría de los filósofos.

Todos los modelos (los que hemos presentado y otros más que podrían citarse) tienen puntos débiles, muchos de los cuales ya han sido mencionados. Al modelo de cobertura legal se le considera pieza fundamental de la llamada 'Concepción Heredada', y depende en sus fundamentos de los principios positivistas que caracterizaban a la misma (cfr. Brown, 1983). En la medida en que el modelo de cobertura legal es deudor de dichos supuestos, algunos aspectos del mismo no podrán ser salvados sin ellos. Por mencionar sólo un aspecto fundamental, el modelo de cobertura legal exige que las explicaciones científicas se basen en leyes, pero, como vimos en el capítulo anterior, no tenemos por el momento una caracterización satisfactoria de lo que son las leyes científicas, y la que ofreció el neopositivismo, aunque tiene sus ventajas, es hoy reconocida ampliamente como insatisfactoria.

El modelo S-R fue declarado insuficiente por su propio creador en beneficio de una interpretación mecánico/causal, cuyos presupuestos realistas sobre el concepto de causa y los mecanismos de la causación están en el centro de la polémica contemporánea sobre el papel de las teorías científicas. Ni que decir tiene que nada garantiza que el realismo sea verdadero y sus rivales falsos. Además, este modelo exige la atribución de probabilidades a cada partición de la clase *A* a la que pertenece el fenómeno a explicar, y no siempre es posible hacer esto en la ciencia.

Tampoco la introducción de factores pragmáticos y la sustitución del concepto de verdad por el de adecuación empírica resuelven definitivamente las cosas. Como argumenta Philip Gasper, el creacionismo era empíricamente adecuado en 1860 y no podía ser rechazado frente al darwinismo atendiendo sólo a factores pragmáticos. Las explicaciones del creacionismo

serían desde este punto de vista tan buenas como las del darwinismo (cfr. Gasper, 1990, pág. 291).

Por otra parte, tres de los modelos reseñados suponen que explicar es responder a una pregunta-por qué o a una pregunta que puede reformularse mediante un '¿por qué?'. Pero es muy cuestionable que todas las explicaciones científicas puedan reducirse a eso. Hay ocasiones en que las preguntas acerca del cómo, del dónde o del qué presuponen cosas muy distintas de las preguntas-por qué. Y hay ocasiones en que una teoría puede explicar el cómo pero no el porqué de un fenómeno (cfr. F. Suppe, 1988, págs. 137 y sigs.). Además, en la historia y en las ciencias sociales encontramos explicaciones basadas en la racionalidad de los agentes humanos que no parecen obedecer a los patrones explicativos usuales en las ciencias naturales.

Si, por consiguiente, lo que esperamos de un modelo de explicación científica es que establezca las condiciones necesarias y suficientes para determinar cuándo tenemos una explicación en las ciencias y cuándo no, hemos de admitir el fracaso de todos ellos en conseguirlo (cfr. Achinstein, 1989/1983).

Pero no hay que sorprenderse de que un proyecto semejante —el de proporcionar condiciones necesarias y suficientes para la explicación científica— no haya llegado a buen puerto. El concepto de explicación está estrechamente ligado al concepto de causa, como ha quedado claro en las páginas precedentes, y, desde que Hume nos despertó del sueño dogmático, todo intento de penetrar en este último concepto, o de eliminarlo, ha generado casi tantas perplejidades como las que ha solventado. Las discusiones interminables dentro de la Concepción Heredada para dirimir si los condicionales contrafácticos permiten diferenciar la universalidad accidental de la universalidad nómica son buena prueba de ello. Ahora bien, si la clarificación de la noción de explicación depende en buena medida de la clarificación previa de la noción de causa (o viceversa, como mantienen algunos), no cabe esperar soluciones inmediatas ni propuestas omnicomprendivas, sino sólo refinamientos paulatinos.

Los modelos que hemos expuesto deben interpretarse simplemente como ideales simplificadores con cierto poder heurístico. No debe pensarse que todas las explicaciones concretas que encontremos en las distintas disciplinas científicas han de encajar en ellos necesariamente. Ni tampoco debe creerse que son modelos permanentemente válidos. Como ha escrito Toulmin (1977, pág. 166), «el núcleo de los recientes argumentos sobre el cambio conceptual en la ciencia es la comprensión de que ningún ideal único de 'explicación' o justificación racional —como las que Platón y Descartes hallaron en la geometría formal— es universalmente aplicable a todas las ciencias en todas las épocas». En todo caso, sería razonable admitir que los distintos modelos de explicación propuestos recogen aspectos relevantes de la diversidad de explicaciones que encontramos en la ciencia, y eso quizá debería llevarnos a considerarlos no como visiones alternativas de la explicación sino como visiones complementarias (cfr. Thagard, 1992, cap. 5).

CAPÍTULO 4

¿Qué es la ciencia?

1. EL PROBLEMA DE LA DEMARCACIÓN

Muchas personas en todo el mundo, pero especialmente en Alemania, Canadá y Francia, han acudido alguna vez a la medicina homeopática en busca de algún remedio para sus dolencias. Un remedio que quizá la medicina establecida y científicamente fundada no ha podido o no ha sabido darles. La homeopatía, aunque basada en teorías que se remontan a la época clásica, con Hipócrates (siglo v a.C.) y Galeno (siglo II d.C.), es un producto relativamente reciente. En su forma moderna fue elaborada por el médico alemán Samuel Hahnemann (1755-1843). La idea fundamental que rige la medicina homeopática es un viejo principio hipocrático: los semejantes se curan con semejantes. Lo que viene a significar que los remedios para las enfermedades deben ser productos que generen en personas sanas síntomas parecidos a los que causa la enfermedad. Por ejemplo, si una persona padece una enfermedad entre cuyos síntomas está la presencia de una hinchazón acompañada de dolor, el remedio podría estar en un preparado a base de abejas trituradas. A ello Hahnemann añadía que, para reforzar la potencia curativa de las distintas sustancias, en muchos casos éstas tenían que ser administradas en diluciones muy grandes, incluso infinitesimales. Además, los enfermos debían ser tratados como casos individuales, y no como ejemplos concretos de una enfermedad.

Para ir directamente al asunto, el principal punto débil de la homeopatía, cuando es contemplada desde la química, es el de las diluciones infinitesimales. Debe tenerse en cuenta que algunos de los principios activos utilizados en homeopatía son sumamente peligrosos, como el arsénico o la bacteria causante de

la tuberculosis. No es de extrañar, por tanto, que haya preparados homeopáticos con diluciones de 10^{-10} , e incluso a concentraciones muchísimo menores. Son muy frecuentes diluciones de 10^{-30} . El máximo de dilución permitido en Francia es de 10^{-60} , pero hay países que admiten diluciones más extremas (cfr. Millet, 1998). Ahora bien, un sencillo cálculo utilizando el número de Avogadro muestra que para estar seguros en el caso de una dilución de 10^{-30} de haber ingerido una sola molécula del principio activo habría que beberse centenares de miles de litros del preparado homeopático. En concreto, si partimos de una concentración de principio activo de 10 molar, al final de las diluciones habrá 6 moléculas del principio activo por cada millón de litros de agua (o del líquido empleado en las diluciones). Esto es un hecho reconocido por los homeópatas, a pesar de que implica que lo que dan a sus pacientes son botes con agua azucarada y alcohol, o caramelos impregnados con esta agua. Pero para ellos, en lugar de ser un punto débil, es una prueba de las bondades de la homeopatía. Un libro divulgativo publicado en España en defensa de la homeopatía trata así este asunto, que es —según nos dice— «el más criticado por los ignorantes»:

Como es fácil de comprender, llega un momento en las disoluciones en que es imposible detectar la presencia de la materia prima y sin embargo su eficacia es incuestionable. A partir de la 4CH [es decir, de una disolución en la que habría que multiplicar la concentración inicial del principio activo por 10^{-8}] ni siquiera los métodos de laboratorios más sofisticados son capaces de encontrar algo más que agua y alcohol. La inocuidad, por tanto, está garantizada (Agustí, 1999, pág. 44).

Habría que decir dos cosas al respecto: si los métodos más sofisticados no pueden detectar la presencia del principio activo es, sencillamente, porque lo más probable es que no haya una sola molécula del mismo en un preparado. Y, segundo, en efecto esto garantiza la inocuidad de la homeopatía, pero también parece garantizar su inanidad, al menos si descontamos el efecto placebo.

Para responder a estas críticas algunos homeópatas han desarrollado una hipótesis novedosa pero cuya única motivación es defender la teoría. Se trata de la hipótesis de la «memoria del agua». Según dicha hipótesis, el agua y otros disolventes pueden grabar de alguna manera información acerca de con qué otras sustancias han estado en contacto. Esta información, y no las moléculas de principio activo como tales, sería lo que captarían las células de nuestro cuerpo y lo que induciría a la curación. Queda envuelto en la confusión, al menos por el momento, el modo en que esta información se guarda y, sobre todo, cómo es que esta información puede actuar terapéuticamente sobre nuestro cuerpo. Lo cierto es que esta hipótesis fue sometida a contrastación experimental por Jacques Benveniste y sus colegas, publicando en 1987 unos resultados que parecían apoyarla. No obstante, su trabajo ha sido muy criticado por ausencia de controles experimentales mínimos que invalidaban por completo el resultado; una deficiencia reconocida posteriormente por alguno de sus colaboradores (cfr. Danchin, 1998).

¿Es, pese a todo, respetable la homeopatía desde un punto de vista científico? ¿Se trata sólo de una disciplina que tiene algunas dificultades teóricas en vías de subsanación, o falla más bien todo su enfoque general de la enfermedad? ¿Es su choque con la química un caso parecido al choque inicial de la teoría de la evolución con los cálculos hechos desde la física del momento, que no daban a la Tierra más que una antigüedad de unos pocos miles de años? En definitiva, ¿hay algo que distinga sustancialmente a la homeopatía de las teorías científicas acerca de las enfermedades, tal como se enseñan hoy en las facultades de medicina? La cuestión no es menor, si tenemos en cuenta las enormes cantidades de dinero que se juegan junto al prestigio o desprestigio científico de la homeopatía.

Menos importante desde este punto de vista económico, pero no menos desde el intelectual, es el caso de la parapsicología. La parapsicología es el estudio de los fenómenos «psi», y por tales se entiende fenómenos sensoriales o motrices que exceden las capacidades humanas. Se trata fundamentalmente de fenómenos de *percepción extrasensorial*, es decir, de obtención de información inaccesible a los sentidos (sucesos pasados, futuros o distantes), y de fenómenos de *psicoquinesia*, es decir, de influjo causal sobre objetos fuera de la esfera de actividad posible de los sujetos. Este estudio se realiza a menudo en departamentos universitarios, como es el caso de la Universidad de Edimburgo, de la Universidad de Princeton y en su momento de la Universidad de Duke; y sus experimentos se basan en el diseño experimental habitual en las ciencias del comportamiento. Los resultados se publican en revistas especializadas, como el *Journal of Parapsychology*. Por otra parte, algunas encuestas hablan de que más del 50 por 100 de las personas han experimentado alguna vez en su vida fenómenos de percepción extrasensorial (cfr. Díaz Corrales, 2001, págs. 8-10).

Sin embargo, pese a todos los esfuerzos realizados por investigadores serios, muchos de ellos con un acreditado currículum en algún campo científico, por obtener resultados innegables y replicables por cualquiera en el estudio de los fenómenos «psi», lo cierto es que tales resultados faltan por el momento. Todos los experimentos llevados a cabo hasta ahora o no han proporcionado una prueba fehaciente de que se han producido resultados distintos a los esperables por el mero azar, o han sido cuestionados desde un punto de vista metodológico por los críticos de la parapsicología. Es más, no hay acuerdo siquiera en qué consistiría una evidencia acerca de la existencia de fenómenos «psi». Hay quien cree que detrás de la parapsicología no hay más que fraude. Otras personas piensan que las críticas metodológicas hechas contra los experimentos parapsicológicos son tan exigentes que pocos experimentos realizados en algunas disciplinas científicas bien establecidas, y en concreto en la psicología, serían capaces de pasarlas sin problemas, y lo mismo podría decirse acerca de la replicabilidad de los experimentos. ¿Quién tiene razón? ¿Es la parapsicología un refugio de embaucadores, o es una disciplina emergente a la que los puristas de la ciencia se niegan a darle una oportunidad a causa de prejuicios arraigados? ¿Es quizás una disciplina que carece por el momento de carácter científico, o tiene ya este carácter pero no le ha acompañado la fortuna en los

resultados? Para responder a estas preguntas con un mínimo de rigor habría que estudiar en profundidad los méritos y los deméritos de la parapsicología, lo que no podemos hacer aquí; pero además de eso, como en el caso de la homeopatía, habría que tener una cierta idea previa de qué debe considerarse como científico y qué no. Es a esta cuestión a la que dedicaremos ahora nuestra atención.

La homeopatía y la parapsicología no son sino dos ejemplos de una larga lista de disciplinas que se proclaman como científicas, o al menos con capacidad para producir un conocimiento tan fiable como el de la ciencia, sin que esta pretensión encuentre reconocimiento en la comunidad científica. Suelen ser calificadas peyorativamente como *seudociencias*, lo cual significa que son disciplinas que pretenden pasar por científicas sin serlo realmente. Esta lista incluye a la astrología, el creacionismo, el psicoanálisis, el lysenkoísmo, el marxismo, la ufología, etc. Se trata, como puede comprobarse, de una lista abigarrada en la que varía mucho el nivel de rigor y de compatibilidad con la ciencia establecida. Algunas de esas disciplinas no pueden mantenerse coherentemente al tiempo que se aceptan los datos de la ciencia contemporánea, como es el caso de la astrología, la homeopatía, el creacionismo y el lysenkoísmo. Otras, sin embargo, no chocan tan frontalmente con ella, como es el caso del psicoanálisis y el marxismo, y no es justo ponerlas al nivel de las otras. Finalmente, es discutible si este choque se produce o no en el caso de la parapsicología. El interés que despiertan algunas de ellas en muchas personas, así como la enorme capacidad de influencia que tienen en el modo en que sus seguidores ven el mundo, es un indicador más que elocuente de la importancia práctica que tiene en la actualidad el problema filosófico de la caracterización de la ciencia como modo de conocimiento. De la inclusión o no de algunas de estas disciplinas entre las ciencias puede depender no sólo un mayor prestigio social, sino también su financiación a través de fondos públicos y su asimilación por los sistemas públicos de salud y educación.

Digamos por adelantado que es una tarea imposible la de dar con una definición rigurosa y permanente de lo que es la ciencia, entre otras razones porque la ciencia es una actividad humana sometida, como muchas otras manifestaciones culturales, a cambios históricos. Por eso, aun cuando consiguiéramos cristalizar en una definición un rasgo o una serie de rasgos que hubieran permanecido estables en el pasado y que fueran compartidos por todas las ciencias en sus estados actuales, nada garantizaría que no pudieran aparecer en el futuro nuevas disciplinas que fueran consideradas como científicas por los investigadores, las instituciones académicas y políticas, y el público en general, y que, sin embargo, no encajaran en la definición.

No obstante, esta dificultad para dar una definición precisa no impide que bastantes personas con un nivel cultural medio o alto posean una imagen más o menos acertada de lo que la ciencia es y de lo que la ciencia hace. De hecho, tener una opinión sobre este asunto se ha convertido en algo fundamental en una sociedad como la nuestra en la que la ciencia y la tecnología han pasado a ocupar un lugar central y cuya propia existencia como sociedad depende del

desarrollo científico y técnico. Tal dependencia, ya bastante explícita, unida a los intereses económicos y políticos que aparecen hoy día ligados a la investigación científica (conformando lo que se ha dado en llamar *big science*), determinan que los medios de comunicación presten una atención cada vez mayor a la investigación científica. De forma indirecta en muchos casos, pero directa e intencionada en otros, estos medios de comunicación contribuyen a difundir una cierta imagen pública de la ciencia.

Lamentablemente, en ocasiones esa imagen está distorsionada por la presentación que de la ciencia hacen tanto sus propagandistas más comprometidos como sus detractores más duros. Para los primeros la ciencia suele identificarse con sus logros tecnológicos y sus aplicaciones más espectaculares, para los segundos el científico contemporáneo es un aprendiz de brujo que ha puesto en marcha fuerzas que no controla y que amenazan con destruirnos. Y lo que es peor, una gran parte de la población, incluso en aquellos países con mejores niveles educativos, no tiene imagen alguna de la ciencia, ya que carecen de una formación mínima como para entender su funcionamiento, o la que tienen está falta de cualquier rigor. Según algunas encuestas, menos del 7 por 100 de los adultos estadounidenses tienen alguna cultura científica, y sólo el 13 por 100 tiene alguna idea de cómo procede la ciencia (cfr. Holton, 1993, pág. 147).

Cuando consigue ascender por encima de cierto nivel, el contenido de la imagen pública de la ciencia incluye en general la idea de que los científicos investigan para alcanzar ciertos conocimientos acerca de la naturaleza y del hombre, y que para ello observan, miden, experimentan, inventan teorías, se reúnen en congresos para comunicarse sus ideas y sus resultados, publican en revistas especializadas, se pasan horas interminables en los laboratorios, etc. Es notorio también que deben ayudarse en esa labor de instrumentos con una perfección y sofisticación crecientes que les permiten poner a prueba sus teorías con el mayor rigor. Dentro de esta imagen probablemente se incluye la convicción de que son los hechos establecidos mediante la experimentación los que tienen la última palabra en la ciencia.

Una imagen semejante fomenta además en algunos sectores de la población una firme confianza en el valor y la efectividad de los resultados de la investigación científica, e incluso en su capacidad para resolver, si no todos, al menos una gran parte de los problemas graves que aquejan a la humanidad. De hecho, la legitimidad social que posee hoy la ciencia proviene en buena medida de la convicción general en la utilidad potencial de todos los conocimientos científicos. Es frecuente que un nuevo resultado en la investigación sea anunciado en los medios de comunicación junto con las promesas de sus aplicaciones futuras. Paradójicamente esta imagen va unida también a un temor creciente a que se superen ciertos límites, sobre todo éticos (investigación armamentística, clonación, eutanasia, etc.), y a que se deteriore irremediablemente el entorno natural debido a un uso incontrolado de esos resultados de la investigación.

En todo lo que acabamos de decir queda ya implícito que el término 'ciencia' designa tanto una actividad humana como su producto (el conocimiento

científico). Tradicionalmente, la filosofía de la ciencia se ha ocupado de este último, y puede decirse que la mayor parte de los problemas tratados en ella pertenecen todavía al ámbito epistemológico, pero en la actualidad el estudio de la ciencia como actividad está en auge, otorgándose cada vez más importancia a los aspectos prácticos de la investigación (experimentación, implementación tecnológica, valores, despliegue institucional, contexto social, etc.). Ya en 1942 el sociólogo de la ciencia Robert Merton señalaba que la palabra 'ciencia' denota varias cosas distintas: un conjunto de métodos, el conocimiento alcanzado con dichos métodos y los valores y tradiciones culturales que la gobernaban en cuanto actividad humana (cfr. Merton, 1942/1980, pág. 65).

Las definiciones habituales en diccionarios, ensayos introductorios y manuales científicos suelen limitarse —y ésta es ya su primera deficiencia— a la ciencia entendida como producto. El denominador común de muchas de ellas podría ser cifrado en la siguiente cláusula: *la ciencia es el conocimiento estructurado sistemáticamente que permite, mediante el establecimiento de leyes universales, la explicación y la predicción de los fenómenos, y que ha sido obtenido a partir de un método crítico basado en la contrastación empírica. Este método garantiza la objetividad y la autocorrección, y en él descansa el amplio acuerdo que puede encontrarse entre los científicos acerca de cuestiones fundamentales, posibilitando un rápido progreso en los conocimientos* (cfr. Wartofsky, 1983, pág. 43, Nagel, 1981, págs. 15-26, Niiniluoto, 1984, págs. 1-7 y Bunge, 1985a, pág. 32).

Pero, de entre todo ello, quizás la característica más señalada que se atribuye al conocimiento científico sea la de su obtención mediante un *método* propio que garantizaría su objetividad y permitiría el consenso de la comunidad científica. La importancia que se da a esta característica es tal que Mario Bunge (1985, pág. 29) declara: «Donde no hay método científico no hay ciencia».

La objetividad se conseguiría por medio de la supresión o neutralización del punto de vista individual —de los prejuicios subjetivos— a través de la crítica intersubjetiva basada en el seguimiento correcto de las normas metodológicas. Es central para este propósito que exista la posibilidad de que otro investigador cualificado sea capaz de reproducir, dadas las condiciones pertinentes, los resultados alcanzados por un científico cualquiera. Como escribe Barry Barnes:

Prácticamente, cada uno de los pasos del proceso de investigación se repite una y otra vez, en primer lugar por parte de un investigador concreto y, posteriormente, por sus colegas. En consecuencia, los juicios individuales apenas tienen efectos a largo plazo. Lo que importa es la tendencia a que una serie de juicios se establezca sobre un resultado específico. Será ese resultado, en el que se habrá superado el error, el que reflejará los principios aceptados por el conjunto de la comunidad científica y una visión común sobre cómo se aplican esos principios al caso en cuestión. De esta forma, una serie de individuos, propensos a cometer errores, que se organizan sistemáticamente y se agrupan en sus actividades profesionales, constituye una máquina productora de conocimiento altamente fiable y mucho menos predispuesta al error (Barnes, 1987, pág. 40).

Por su parte, el consenso estaría facilitado precisamente por la común aceptación de métodos estrictos de contrastación y revisión de las diferentes propuestas de los investigadores.

Parece claro, en efecto, que la ciencia no es un tipo de sabiduría personal e intransferible lograda tras años de solitaria meditación, al modo de algunas filosofías orientales. La ciencia es una tarea intersubjetiva que reclama el concurso y la colaboración de numerosos investigadores, y que proporciona un tipo de conocimiento comunicable y público. Parece claro también que la comunidad científica es capaz de adoptar una decisión sobre la validez de gran parte de ese conocimiento y que esa decisión es ampliamente aceptada. Los libros de texto son prueba fehaciente de que hay una extensa zona de consenso en la ciencia de la que carecen otras instancias culturales. Eso no significa ni mucho menos que no existan discrepancias y controversias en el seno de la ciencia, sobre todo en la vanguardia de la investigación. Pero incluso en tales casos puede decirse, considerando las cosas en su globalidad, que es mucho más lo que comparten los contendientes que lo que les separa, y no sólo en los conocimientos, sino también en los métodos y en los fines.

La capacidad para lograr el consenso ha sido el rasgo definitorio de la ciencia para muchos filósofos y sociólogos de la ciencia, especialmente hasta la década de los 60 (cfr. Laudan, 1984, pág. 3 y sigs.). Y la explicación habitual que han dado los filósofos de esa capacidad de consenso era la común aceptación y aplicación de una serie de reglas constitutivas del «método científico». A lo largo de los próximos capítulos veremos, sin embargo, que esta explicación simplifica en exceso las cosas. En primer lugar, deja sin explicar cómo es posible, en casos donde la evidencia empírica es clara, el desacuerdo en la ciencia, a no ser que se suponga que obedece a causas puramente irracionales. Y en segundo lugar, desconoce el hecho de que los científicos también difieren en la estimación de lo que debe considerarse como una metodología correcta en cada circunstancia.

Los filósofos, en su mayoría, han abandonado en la actualidad la pretensión de señalar un conjunto de reglas o de estrategias identificables como el «método científico». Tradicionalmente, las propuestas más comunes al respecto han sido variantes del método inductivo o del hipotético-deductivo. Es decir, o bien se supone, como hizo John Stuart Mill, que el científico comienza realizando observaciones y experimentos y que a partir de ellos, con el auxilio de razonamientos de tipo inductivo, llega a la formulación de una hipótesis capaz de explicar los resultados previamente obtenidos; o bien se supone, como hizo William Whewell, que el científico parte de problemas a los que intenta dar una respuesta inventando de forma creativa una hipótesis a tal efecto y que, a continuación, intenta contrastar dicha hipótesis derivando de ella, mediante razonamientos deductivos, una consecuencia o una serie de consecuencias (de predicciones) susceptibles de ser confirmadas o refutadas por la experiencia ulterior. Caben, por supuesto, variantes que combinen ambos procesos o que maten alguno de ellos. Pero, en lo esencial las cosas no han variado demasiado con respecto a estos planteamientos.

Ahora bien, caracterizadas de este modo esquemático y general con el que son presentadas en los manuales y los libros de texto, no sólo no son informativas en absoluto acerca de los procedimientos que realmente emplean los científicos en sus investigaciones concretas —procedimientos que pueden variar mucho de unas ciencias a otras y que en ocasiones decisivas no encajan con la idealización que estos esquemas ofrecen—, sino que además no serían métodos exclusivos de la ciencia, ya que otras disciplinas no consideradas como científicas también hacen uso de ellos. Por ello, no suena hoy ya tan descabellada la negación que hizo Feyerabend de la existencia de *un* método científico. Bien entendido que esto no es negar que los científicos empleen métodos diversos en su trabajo investigador, sino reconocer que ninguno de ellos es de aplicación universal.

La ciencia es en realidad una empresa múltiple y heterogénea que incluso presenta rasgos contrapuestos. Cada disciplina constituye un modo distinto de hacer ciencia, adaptando a sus propias necesidades las características generales antes mencionadas. Así, por ejemplo, la definición que hemos dado más arriba no se acomoda apenas a las *ciencias formales*: lógica y matemáticas. Su posible validez quedaría restringida en principio a las *ciencias empíricas*. Pero aun dentro de éstas, son las *ciencias naturales* (física, química, biología, bioquímica, etc.) las que mejor encajan en ella, y no todas por igual si tenemos en cuenta que es un tema controvertido si hay o no leyes en la biología.

En cuanto a las llamadas *ciencias humanas y sociales* (sociología, economía, psicología, etc.), el intento de explicar los fenómenos acudiendo a leyes causales ha sido contrapuesto en numerosas ocasiones al objetivo pretendidamente más fundamental de la *comprensión* del significado de las acciones de los seres humanos, dado que éstas son lo que son en virtud de que los agentes y los receptores de las mismas les atribuyen precisamente un significado. Existe toda una tradición de pensamiento, la tradición *hermenéutica*, que pretende marcar una diferencia insalvable desde el punto de vista metodológico entre las ciencias naturales y las ciencias humanas sobre la base de que las acciones humanas obedecen a razones y no (o no sólo) a causas. Esta tradición considera inadecuado su estudio sin atender a esa característica diferenciadora que sería suficiente para inhabilitar el enfoque puramente externo propio de las ciencias naturales. El mundo social sólo podría conocerse desde dentro.

La diversidad de la ciencia es algo que difícilmente puede negarse desde la perspectiva de las últimas décadas, en las que hemos visto surgir tantas disciplinas nuevas aplicadas al estudio de tantos campos diferentes. A tal efecto, y muy en la línea de lo que previamente defendió Feyerabend, afirma Stephen Toulmin:

En lugar de ser partes diversas de una sola y comprehensiva 'ciencia unificada', hoy las ciencias representan más bien una confederación de empresas, con métodos y patrones de explicación para abordar problemas distintos. 'Ciencia' ya no es entendido como un nombre singular. Al contrario, la expresión 'ciencias naturales' es plural, y la imagen platónica de

un único tipo de conocimiento formal ha sido reemplazada por una imagen de empresas que están siempre en flujo, y cuyos métodos de investigación —como pensaba Aristóteles— se adaptan a 'la naturaleza del caso' (Toulmin, 1990, pág. 165).

Dicho todo esto, debemos ahora analizar las principales propuestas de caracterización de la ciencia realizadas desde la filosofía y explicar con cierto detalle por qué no pudieron cumplir su objetivo satisfactoriamente. Los intentos por a contestar la pregunta '¿qué es la ciencia?' han consistido, desde el Círculo de Viena en adelante, en buscar algún rasgo diferenciador del conocimiento científico que fuera capaz distinguirlo con claridad de otros productos culturales, y en concreto de otras formas pretendidas o no de conocimiento. Es esto lo que se conoce como el problema del *criterio de demarcación* entre ciencia y no ciencia.

2. LA VERIFICABILIDAD COMO CRITERIO DE DEMARCACIÓN

Los neopositivistas comenzaron señalando un rasgo definitorio que todavía cuenta con gran aceptación entre muchos. La ciencia se caracteriza por ser capaz de *verificar* sus teorías, es decir, porque puede establecer a partir de los hechos observables (determinados por observación directa o por experimentación) que dichas teorías son verdaderas.

Para ser precisos, la verificabilidad, así como la confirmabilidad, de la que hablaremos a continuación, no fueron propuestas por los neopositivistas como criterio de demarcación entre la ciencia y lo que no lo es, sino como *criterio de sentido*, esto es, como criterio para distinguir lo que tiene sentido de lo que no lo tiene. Carnap en particular, aunque de forma tardía, fue explícito a la hora de separar ambos problemas (cfr. Carnap, 1963, págs. 877-879). Afirmó que las pseudociencias como la astrología, las creencias mágicas y los mitos tenían sentido empírico, pese a que no eran científicas. No obstante, aquí seguiremos el ejemplo de Popper y las interpretaremos también como criterios de demarcación. Y ello por varias razones. En primer lugar, porque a efectos prácticos, lo que los neopositivistas tenían en mente cuando pensaban en enunciados con sentido eran los enunciados que formaban parte de la ciencia o que podían, dado el caso y suponiendo que fueran verdaderos, formar parte de ella. El propio Carnap definió la ciencia de forma amplia, como «el sistema de los enunciados intersubjetivamente válidos» (Carnap, 1932/1995, pág. 66). Definición que no hacía sino parafrasear la identificación que Wittgenstein establecía entre el conjunto de los enunciados verdaderos y las ciencias naturales (Wittgenstein, 1921/1975, 4.11). Por lo tanto, dada esta identificación en la práctica, aquello que pudiera servir como criterio para determinar cuándo estamos ante un enunciado significativo serviría también en muchos casos como criterio de demarcación entre la ciencia (o lo que podría serlo) y lo que no es ciencia. En segundo lugar, porque el criterio de sentido pretendía ser también explícitamente un criterio de demarcación entre la ciencia y la metafísica, como casos

paradigmáticos de lo que tiene sentido y de lo que no lo tiene. Por lo que, si no expresaba condiciones suficientes de la ciencia, sí expresaba al menos condiciones necesarias. Y en tercer lugar, porque tanto la verificabilidad como la confirmabilidad coinciden en buena medida con características que han sido y son todavía tenidas por muchos, debido sobre todo a la influencia de la filosofía neopositivista, como definitorias de la ciencia.

El nivel básico en el análisis de la ciencia efectuado por los miembros del Círculo de Viena lo ocuparon, no las teorías, sino los enunciados que componen las teorías. Según las tesis del positivismo lógico, los enunciados que tienen sentido cognitivo son sólo los *enunciados analíticos* y los *enunciados sintéticos verificables*. Carnap prefería una división tripartita: enunciados analíticos, enunciados sintéticos verificables y enunciados contradictorios. Enunciados analíticos son aquéllos cuya verdad o falsedad puede determinarse mediante un mero análisis del significado de sus términos, es decir, atendiendo únicamente a reglas semánticas. Incluyen tanto las leyes lógicas, que son verdaderas en virtud del significado de sus términos lógicos, como los enunciados que son verdaderos en función del significado de sus términos no lógicos. Un ejemplo del primer caso sería el enunciado 'Juan es alto o no es alto'; un ejemplo del segundo caso sería el enunciado 'ningún soltero está casado'. La negación de un enunciado analítico verdadero es autocontradictoria. Los enunciados sintéticos se suelen definir en contraste con los anteriores, o sea, son los enunciados no determinados analíticamente; o bien, podemos decir también, son aquellos que afirman o niegan algo acerca de lo cual cabe tener una experiencia. Los enunciados analíticos siempre tienen sentido, pero los enunciados sintéticos pueden carecer de él si no son verificables a partir de la experiencia.

Las ciencias, por otra parte, constan sólo de enunciados significativos, lo que implica, de acuerdo con lo dicho, que consta sólo de enunciados analíticos o de enunciados sintéticos verificables. A diferencia de empiristas anteriores, como Mill, los miembros del Círculo de Viena pensaban que la matemática y la lógica (las ciencias formales) estaban constituidas únicamente por enunciados analíticos, mientras que las ciencias empíricas o factuales, como la física, la química, la biología o la psicología, estaban constituidas por ambos tipos de enunciados, aunque fundamentalmente por los sintéticos verificables (cfr. Carnap, 1935). Para el neopositivismo quedaban descartados, por tanto, los enunciados sintéticos *a priori* en los que Kant había basado la ciencia. Sencillamente no existían tales enunciados. Y, por supuesto, quedaban fuera de la ciencia y del discurso significativo los *enunciados sintéticos no verificables*. Un enunciado acerca del mundo que no sea verificable, carece de sentido cognitivo; no dice nada en realidad acerca del mundo. Los enunciados de la metafísica serían de este tipo.

En realidad, para los neopositivistas, la mayor parte de la filosofía tradicional, que no estaba constituida ni por enunciados analíticos ni por enunciados sintéticos verificables, era un discurso sin el más mínimo sentido. Sólo la ciencia puede ofrecernos un conocimiento del mundo. La filosofía, la poesía, la teología, la moral, no son más que discursos que, bajo la apariencia engañosa de querer decir algo sobre el mundo, no llegan más que a expresar sentimientos.

Ésta es, al menos, la función que Carnap concede a la metafísica. Una función similar a la del arte, o la poesía, pero alejada desde luego de cualquier virtualidad cognitiva:

Los (pseudo)enunciados de la metafísica no sirven *para la descripción de los estados de cosas*, ni de los existentes (en cuyo caso serían enunciados verdaderos), ni de los no existentes (en cuyo caso serían enunciados falsos); sirven *para la expresión de sentimientos vitales (Lebensgefühl)* (Carnap, 1932, pág. 238).

Hemos dicho que los neopositivistas identificaron en la práctica el discurso significativo con el discurso científico. Todo enunciado con sentido o formaba parte de la ciencia, o era susceptible de formar parte de ella. Puesto que lo que nos interesa ahora son las ciencias empíricas, es en los enunciados sintéticos en los que hemos de fijarnos. Hemos señalado también que, de acuerdo con el neopositivismo, los enunciados sintéticos sólo son significativos si son verificables. Éste es, pues, el criterio de sentido y de demarcación propuesto: la verificabilidad de los enunciados sintéticos. Un criterio cuyas raíces pueden encontrarse en la obra de Comte y, especialmente, en las consideraciones de Wittgenstein sobre el lenguaje en el *Tractatus Logico-Philosophicus*.

Moritz Schlick lo presenta del siguiente modo:

Es imposible entender el significado de una proposición sin saber al mismo tiempo en qué sería diferente el mundo si la proposición fuera falsa. Tenemos que ver qué circunstancias han de darse en el mundo para poder afirmar legítimamente la proposición. Si sabemos eso, conocemos entonces el significado de la proposición. También puede expresarse esto diciendo que el significado de una proposición es el modo (o método) de su verificación (para entender su significado hemos de ver cómo se verifica la proposición y cómo se falsa).

Si queremos saber lo que una proposición significa, y dar así su significado, la reformulamos de modo que sea reemplazada por otra proposición que represente algo directamente contrastable [...].

Establecemos así el significado de una proposición afirmando lo que se deriva de ella, o cómo hemos llegado a ella. Su significado se identifica con las proposiciones que pueden ser directamente comparadas con la realidad. No toda proposición puede ser comparada de este modo; por tanto, la reemplazamos por otras, y éstas por otras que se sigan de ellas, y finalmente llegamos a proposiciones sobre lo inmediatamente dado. Éstas son las proposiciones a las que nos conduce la ciencia (Schlick, 1987, págs. 128-130).

Así pues, un enunciado sintético tiene significado si sabemos cómo verificarlo. Y sabemos cómo verificarlo si podemos reformularlo de modo que, en análisis sucesivos, quede reducido a expresiones que hagan referencia únicamente a cosas de las que cabe tener una experiencia inmediata; o en otros términos, si sabemos qué observaciones harían verdadero dicho enunciado. En otro lugar lo explica así:

Si *no* soy capaz, en principio, de verificar una proposición, es decir, si no sé en absoluto cómo proceder, o lo que tengo que hacer, para averiguar su verdad o falsedad, entonces es obvio que no sé lo que la proposición afirma realmente, y seré incapaz de interpretar la proposición pasando de sus términos a experiencias posibles, con ayuda de definiciones (Schlick, 1932/1933, pág. 7).

Es importante notar que el criterio de verificabilidad no afirma que un enunciado sea significativo y, por lo tanto científico, sólo si es verificado de hecho. Lo que el criterio enuncia es que un enunciado es significativo si sabemos cómo se podría verificar en principio, aunque nadie haya conseguido verificarlo nunca. No es la verificación real lo que importa, sino la *verificabilidad*, la *posibilidad* de verificación. El enunciado 'hay aluminio en el núcleo de Plutón' es significativo aunque no haya sido verificado nunca, ya que normalmente admitiríamos que es posible su verificación en principio. El criterio de demarcación es, pues, la *verificabilidad en principio*.

Esta posibilidad de verificación no es siquiera una posibilidad *técnica*. Un enunciado como el anterior es significativo a pesar de la imposibilidad técnica de su verificación en estos momentos. Ni es tampoco una posibilidad *empírica*. Es empíricamente imposible saber qué está sucediendo en este preciso instante en la superficie de una estrella situada a mil años luz de la Tierra, puesto que la señal más veloz que nos pueda llegar de ella tardará mil años en hacerlo. Sin embargo, si decimos que ahora mismo hay manchas en la superficie de dicha estrella, estaremos diciendo algo con sentido. La posibilidad que el criterio reclama es la posibilidad *lógica* de verificación, entendida como la posibilidad de concebir una prueba observacional que sirviera para determinar, si es que se realizara realmente, la verdad del enunciado a verificar. Esto es lo que se pretende poner de manifiesto cuando se dice que el enunciado ha de ser verificable *en principio*; es suficiente con saber qué observaciones lógicamente concebibles verificarían el enunciado en el caso de que fueran hechas. Aun entendido así, el criterio se supone que es lo bastante estricto como para no dejar pasar como significativos los enunciados de la metafísica. Resulta, por ejemplo, inverificable la siguiente afirmación hegeliana: «La fuerza es como el todo, el cual es en sí mismo la referencia negativa a sí mismo.» No podemos siquiera concebir el tipo de experiencias que podrían hacerla verdadera. No es un enunciado que nos diga algo acerca del mundo, sino un seudoenunciado: algo que se parece a un enunciado pero que no lo es.

De acuerdo con la descripción que hace Hempel de las fases sucesivas por las que pasó dentro del Círculo de Viena la discusión sobre este criterio de demarcación y de sentido, en un primer momento la verificabilidad de un enunciado sintético se entendió como la posibilidad de establecer *de modo concluyente* la verdad o falsedad de dicho enunciado a partir de la experiencia, o más precisamente, a partir de un conjunto finito de enunciados que describan cosas o propiedades observables (enunciados observacionales) (cfr. Hempel, 1959, pág. 111). No obstante, esta interpretación fuerte dejaba fuera de la ciencia a las leyes científicas. Inicialmente Schlick intentó evitar el problema entendien-

do las leyes como reglas o instrucciones para la obtención de enunciados, en lugar de como enunciados mismos, pero terminó por imponerse rápidamente en el seno del Círculo de Viena la convicción de que una verificación concluyente de las leyes científicas era imposible. En 1932 Schlick escribía:

Hablando estrictamente, el significado de una proposición sobre objetos físicos sólo sería agotado por un número indefinidamente grande de posibles verificaciones, y de ahí se sigue que estas proposiciones nunca pueden ser mostradas en un último análisis como absolutamente verdaderas. De hecho, generalmente se reconoce que incluso las proposiciones más ciertas de la ciencia han de ser siempre consideradas sólo como hipótesis que permanecen abiertas a ulteriores precisiones y mejoras (Schlick, 1932/1933, pág. 12).

Una ley universal afirma que algo se cumplirá en cualquier lugar del espacio y en cualquier momento del tiempo. Para poder establecer concluyentemente su verdad, tal como exige el criterio de verificabilidad, tendríamos que disponer de un conjunto ilimitado de experiencias que encajaran con la ley, lo cual es obviamente imposible. Las pocas experiencias que podemos realizar acerca de cualquier ley científica en comparación con todos los casos posibles no permitirían afirmar jamás que hemos verificado la ley. Podríamos haber observado hasta hoy un millón de casos que cumplen la ley y aun así nada nos aseguraría que mañana no vayamos a encontrar un caso que la incumple y, por tanto, un caso que muestre que en sentido estricto la ley era falsa. Esto no es más que el viejo problema de la inducción, que todo lector de Hume conoce. Puede entonces que la metafísica hegeliana no sea verificable de forma concluyente, pero tampoco lo son las leyes científicas universales, como la ley de la gravedad. Ahora bien, si las leyes científicas no son verificables de forma concluyente y, pese a ello, son enunciados perfectamente significativos, el criterio de verificabilidad debía ser formulado de forma que no las excluyera de la ciencia.

Un intento en esta dirección fue el que llevó a cabo Alfred J. Ayer en su muy influyente obra *Lenguaje, verdad y lógica*, cuya primera edición es de 1936. En ella, Ayer proponía sustituir este sentido fuerte de verificabilidad por un sentido débil del término. Un enunciado es verificable en sentido débil si es posible para la experiencia *hacerlo probable*, es decir, si existen determinadas experiencias posibles que lo *apoyarían* en caso de darse. La formulación que da Ayer es la siguiente: un enunciado es verificable si de él, en conjunción con otras premisas, pueden deducirse algunos enunciados acerca de experiencias reales o posibles, y estos últimos no pueden deducirse sólo a partir de esas otras premisas (cfr. Ayer, 1946, págs. 38-39). Todavía cabe decirlo de otro modo. Un enunciado es verificable si, junto con otras premisas, sirve para hacer predicciones observables en cuya obtención es una parte indispensable. Cuando un enunciado permite hacer dichas predicciones, la comprobación empírica del resultado predicho no establece de modo concluyente su verdad, pero sí aumenta su probabilidad. Por consiguiente, el rasgo definitorio de la ciencia es que en ella podemos hacer predicciones observables y que éstas, una vez constatadas, hacen más probables a las hipótesis de las que se derivan.

Pero ocurre que este criterio, con ser más atento a la estructura lógica de las contrastaciones científicas a través del método hipotético-deductivo, y no excluir de la ciencia a los enunciados universales, como las leyes científicas, es también, según mostró pronto Isaiah Berlin, un criterio inoperante (cfr. Berlin, 1938/1939). Tal como está formulado permitiría que cualquier enunciado tuviera sentido empírico y fuera científico. Supongamos un enunciado cualquiera, como 'el Absoluto es perezoso'. De este enunciado podría inferirse el enunciado observacional 'esta manzana es roja' si le añadimos la siguiente premisa auxiliar: 'si el Absoluto es perezoso, esta manzana es roja'; premisa de la que, por sí sola, no se sigue el enunciado 'el Absoluto es perezoso', tal como marca el criterio. 'El Absoluto es perezoso' tendría entonces sentido empírico, ya que puede obtenerse de él un enunciado observacional. El lector quizá objetará que esta premisa auxiliar a la que hemos recurrido es totalmente arbitraria. Pero Ayer no ha formulado en esta versión del criterio ninguna condición que deban cumplir las premisas auxiliares empleadas.

En la introducción de la segunda edición del libro, que se publicó diez años más tarde, Ayer propuso una versión mejorada del criterio de verificabilidad que permitía escapar a esta objeción. En esa nueva versión, las premisas auxiliares deben cumplir ciertas condiciones: deben ser o enunciados analíticos, o enunciados verificables en un proceso independiente.

Pero tampoco esto funcionó. Alonzo Church (1949) mostró en sólo doce líneas que, incluso con esta mejora, cualquier enunciado o bien su negación podrían pasar el criterio y ser un enunciado significativo.

Finalmente, una objeción muy repetida contra el criterio de verificabilidad como criterio de sentido (y que valdría también para la confirmabilidad, pero no para la falsabilidad popperiana) ha sido que el criterio se anula a sí mismo, ya que de acuerdo con su propia prescripción carecería de sentido. En efecto, el criterio de verificabilidad no es un enunciado analítico ni tampoco un enunciado sintético verificable, con lo que no pertenece al discurso significativo; no tiene ningún sentido empírico.

Con posterioridad, Ayer reconoció la fuerza de la objeción e intentó responderla, pero su respuesta —como alguna otra que también se ofreció (cfr. Hempel, 1959, págs. 123-126)— resulta difícilmente aceptable:

Debía haber tomado la decisión más atrevida de caracterizar el principio como analítico, en virtud de la conexión necesaria entre el sentido de un enunciado y las condiciones de verdad de la proposición que se entiende que expresa (Ayer, 1987, pág. 28).

En las mismas páginas, Ayer no tiene reparos en añadir una crítica más al criterio: no tiene en cuenta la cuestión de quién es el responsable de la verificación de un enunciado. El criterio no aclara si debemos tomar como tal a un observador hipotético situado en una situación epistémica ideal o a un observador real con todas sus limitaciones para determinar la verdad o falsedad de los enunciados. Y, sin embargo, las cosas serían muy diferentes en ambos casos. Si

consideramos que los enunciados sobre el pasado, el presente y el futuro están en igualdad de condiciones frente al criterio, así como los enunciados acerca de experiencias de otras personas, tendremos que recurrir a la noción de un observador ideal capaz de moverse de una posición a otra en función de cada caso, y esta noción —como Ayer reconoce— es bastante problemática (cfr. Ayer, 1987, pág. 30).

3. LA CONFIRMABILIDAD COMO CRITERIO DE DEMARCACIÓN

Paralelamente a los esfuerzos de Ayer por mejorar el criterio de verificabilidad, Carnap iba desarrollando un criterio de sentido que intentaba superar también los problemas que hemos señalado. Carnap coincide con Ayer en rechazar la verificación completa como criterio de sentido. Considera, como Ayer y como Schlick, que los enunciados universales, cuyo exponente científico más destacado son las leyes científicas, tienen el carácter de hipótesis, sin posibilidad de verificación completa. En 1932 también él se manifestaba en términos muy parecidos a los de Schlick anteriormente citados:

En relación con los enunciados singulares, una 'ley' tiene el carácter de una *hipótesis*; es decir, no puede ser deducida directamente de ningún conjunto finito de enunciados singulares, pero, en los casos favorables, es apoyada crecientemente por tales enunciados (Carnap, 1932/1995, pág. 48).

En *Testability and Meaning*, obra publicada entre 1936 y 1937, Carnap sustituye finalmente, para evitar confusiones, el término 'verificación' por el de 'confirmación'. Una diferencia fundamental entre ambas es que, mientras la verificación era un proceso de todo o nada, la confirmación posee grados, es un proceso gradualmente creciente. Esto permite recoger bajo este concepto el hecho señalado de que las leyes pueden ser apoyadas crecientemente por enunciados observacionales.

El criterio de verificabilidad es reemplazado en consecuencia por el criterio más débil de la *confirmabilidad*. Lo que caracteriza a la ciencia, según este criterio, no es que sus teorías sean verificables, sino que son confirmables en un grado cada vez mayor. Las teorías científicas son susceptibles de encontrar experiencias que las apoyen; y a medida que crece el número de tales experiencias, crece la probabilidad de que la teoría correspondiente sea verdadera. De nuevo la filosofía, la poesía, la religión, etc. quedan fuera de la ciencia (y del discurso significativo), porque no hay experiencias posibles capaces de apoyar, digamos, la metafísica hegeliana o la existencia de Dios. Pero esta vez no quedan fuera las leyes científicas. Una ley como la de la gravedad no puede ser deducida de ningún conjunto finito de enunciados observacionales —y, por ello, como las demás leyes, es siempre hipotética—; sin embargo, sí puede recibir apoyo de los casos concretos que la confirman, y es confirmada cada vez que observamos una manzana caer del árbol o el movimiento de la Luna en el cielo

estrellado (suponiendo que hacemos además las mediciones precisas para cada una de las variables). Cuantas más observaciones semejantes hacemos, cuantos más hechos positivos encontramos, más confirmamos la ley. Carnap identificó más tarde el grado de confirmación de un enunciado con su probabilidad lógica o inductiva, dándole así una expresión numérica. Como desarrollo de esta idea elaboró un complejo sistema de lógica inductiva probabilística.

La idea intuitiva que hay tras el criterio de confirmabilidad es que lo que caracteriza a un enunciado (sintético) con sentido no es que pueda ser establecido concluyentemente a partir de la experiencia, sino que la experiencia puede apoyarlo (o debilitarlo) de forma creciente o, en otras palabras, que hay experiencia relevante para decidir acerca de su verdad o falsedad. Pero ¿cuándo es un enunciado susceptible de confirmación del modo descrito? La respuesta de Carnap es que un enunciado es completa o incompletamente confirmable si cada predicado descriptivo que aparece en él es completa o incompletamente reducible a predicados observables (Carnap, 1936/1937, pág. 457). Así, el centro de interés se desvía ahora hacia los términos en que vienen formulados los enunciados. Para que un enunciado sea susceptible de formar parte de la ciencia (y para que tenga sentido cognitivo), sus términos, tal como exigía el fisicalismo asumido por Carnap, han de ser traducibles a términos que se refieran a objetos o propiedades observables. En esta línea marcada por Carnap, Hempel formula el criterio de sentido de un modo que hizo fortuna: un enunciado tiene significado cognitivo si y sólo si es reducible a un «*lenguaje empirista*» (cfr. Hempel, 1959, págs. 116 y sigs.). Por lenguaje empirista entiende aquél que satisface las dos siguientes condiciones:

1. El vocabulario de dicho lenguaje contiene únicamente expresiones habituales en la lógica ('y', 'o', 'si... entonces', 'todos', 'algunos' etc.), predicados observacionales, y cualquier otra expresión formulable con las dos anteriores.
2. Las reglas para la formación de enunciados son las establecidas por algún sistema lógico actual, como el de los *Principia Matemática*.

El criterio de confirmabilidad entendido como la traducibilidad a un lenguaje empirista evitaba, según Hempel, todos los problemas anteriores. Fundamentalmente conseguía que los enunciados universales no quedaran excluidos por el mero hecho de serlo, ya que el cuantificador universal pertenece al lenguaje empirista, y además dejaba sin significado a muchos pretendidos enunciados, en especial los enunciados metafísicos como 'la nada nadea', que no pueden ser traducidos al lenguaje empirista.

Este criterio de demarcación parece a primera vista más razonable que el anterior, pero las objeciones no se hicieron esperar. Una primera es que no parece factible definir todos los términos científicos por medio de predicados observacionales —piénsese en términos como 'entropía', 'campo eléctrico' o 'quark'. Carnap y Hempel previeron la objeción e intentaron resolverla permitiendo que el lenguaje empirista se ampliara incluyendo términos que, aunque no fueran explícitamente traducibles a predicados observacionales, sí pudieran

ser conectados parcial e indirectamente con la observación a través de oraciones reductivas o de reglas de correspondencia, que proporcionarían una interpretación empírica a las teorías de las cuales esos términos forman parte. De ese modo, estos términos no reductibles al lenguaje observacional terminarían encontrando en el seno de una teoría un cierto entronque en la experiencia mediante las relaciones establecidas a través de postulados teóricos con los términos que sí son reductibles.

Sin embargo, esta solución está lejos de ser satisfactoria. En primer lugar, el empirismo lógico fue incapaz a lo largo de interminables discusiones de darle un significado homogéneo y aceptable a la noción de regla de correspondencia. En segundo lugar, Popper mostró que las teorías metafísicas y pseudocientíficas también pueden ser reducidas de esta forma indirecta y parcial al lenguaje observacional. Hasta una «aserción archimetafísica» como 'existe un espíritu personal omnipotente, omnipresente y omnisciente', puede ser considerado como un enunciado científico de acuerdo con el criterio de confirmabilidad, ya que es posible reducirlo a un lenguaje empirista, y eso le convierte en confirmable en principio (cfr. Popper, 1963, págs. 206-212)¹. De hecho, fuera de la ciencia tenemos teorías que cuentan, o al menos eso dicen, con muchos ejemplos confirmadores, con muchas predicciones cumplidas (psicoanálisis, astrología). Como afirma Stegmüller, hasta «teorías» teológicas o místicas son capaces de establecer este contacto indirecto entre sus términos centrales y el mundo de la experiencia (entre el «más allá» y esta vida) (cfr. Stegmüller, 1979, pág. 405). Pero la confirmabilidad fracasa como criterio de demarcación entre ciencia y no-ciencia si en campos que no consideramos habitualmente como científicos, incluyendo la metafísica, encontramos también hipótesis confirmables. Y la prueba de que son confirmables es que en algunos casos, como en la astrología o en la homeopatía, podemos decir que los hechos han mostrado que se trata de hipótesis sumamente improbables cuando no claramente falsas.

Podría quizás intentarse una justificación de este fracaso aceptando la explicación carnapiana de que la confirmabilidad no pretendió excluir a las pseudociencias, sino sólo a la metafísica y a la poesía (aunque la metafísica no se dejara excluir fácilmente). El problema es que la confirmabilidad también fracasa como criterio de sentido. Como señaló Israel Scheffler (1956/1957), el concepto de traducción correcta, en el que se basa el criterio, sólo puede aplicarse si presuponemos de antemano que los enunciados implicados en la traducción tienen sentido. Con lo cual caemos en un círculo vicioso. Para saber si un enunciado tiene sentido hemos de saber si tiene una traducción correcta en el lenguaje empirista, pero para saber si la traducción es correcta (si se conserva el valor veritativo de los enunciados implicados en ella), hemos de presuponer que los enunciados en cuestión tienen sentido.

¹ La respuesta de Carnap a esta objeción consistió en rechazar que la «aserción archimetafísica» de Popper fuera realmente metafísica en el sentido que los neopositivistas daban a este término (cfr. Carnap, 1963, pág. 881).

Por si esto no fuera suficiente, el concepto de confirmación de una teoría a partir de los hechos conduce a paradojas —al menos aparentes— que generaron un largo debate con final incierto y definitivamente alejado de los problemas de la ciencia real (para un tratamiento de las mismas puede consultarse Hempel, 1979, cap. 1 y Rivadulla, 1984, cap. 2).

Hay una dificultad técnica que se señala a menudo aun cuando no supone en realidad una objeción decisiva contra la confirmabilidad. La dificultad estriba en que dentro del sistema de lógica inductiva desarrollado por Carnap, como él mismo reconoce, el grado de confirmación de una ley universal tiene que ser cero. Una ley universal afirma que algo se cumple en todo lugar del espacio y en todo momento del tiempo. Su ámbito de aplicación es, por tanto, infinitamente grande comparado con el número de casos que podemos registrar en su favor. Luego por extensa que sea la evidencia empírica de la que los seres humanos dispongan en apoyo de una ley, siempre será insuficiente para aumentar de forma significativa la probabilidad de que la ley sea verdadera y su valor será siempre cero o estará cercano al cero. No obstante, este problema no es insalvable, ya que puede ser resuelto en otros sistemas de lógica inductiva, como el desarrollado por el finlandés Jaakko Hinitikka.

Por último, el criterio de confirmabilidad, tanto como el de verificabilidad, presuponen que la teoría y la observación son categorías disyuntas. Es verdad que Carnap admitió que no hay una línea precisa de separación entre los predicados observables y los no observables (cfr. Carnap, 1936/1937), pero aun así el criterio se sustenta en que unos términos (los teóricos) fundamentan su significado en los otros (los observacionales). Ahora bien, buena parte de la filosofía de la ciencia posterior al Círculo de Viena ha cuestionado seriamente esta idea². Toda observación, según dicen muchos filósofos actuales de la ciencia, está «cargada de teoría». Todo enunciado observacional presupone la validez de alguna teoría, por elemental que pueda ser. De modo que se dotan de significado los unos a los otros en una relación recíproca.

Estas objeciones conjuntamente constituyen una prueba de cargo muy poderosa contra la tesis de que la confirmabilidad vale como criterio de demarcación entre lo que es ciencia y lo que no lo es. Pero hay un argumento contra la versión que Carnap ofrece de ella que tiene especial interés debido a su elegancia (a pesar de las burlas que de él hizo Feyerabend) y a que suscita de nuevo el viejo problema humeano de la inducción en unos términos renovados que han sido después particularmente fructíferos. Nelson Goodman mostró (en 1954) con dicho argumento que lo que cuente en la ciencia como un ejemplo confirmador de una teoría es algo que depende en ocasiones, más que de la pura lógica, de la historia de una disciplina y de la historia de los términos que emplea.

² Según una relectura reciente del pensamiento de Carnap, también éste la cuestionó en cierto grado, en la medida en que admitió que los términos observacionales dependen parcialmente en su significado de las teorías en las que se dan. No obstante, Carnap mantuvo siempre la distinción entre términos teóricos y términos observacionales (cfr. Irzik y Grünberg, 1995 y Earman, 1993a).

En otras palabras, una caracterización puramente formal de la confirmación es inviable. Para considerar confirmada una hipótesis concreta no basta con encontrar casos empíricos en su favor. Merece la pena que expongamos el argumento brevemente.

Partamos de la base de que todas las esmeraldas observadas hasta el momento son verdes, de modo que podemos decir que dichas observaciones proporcionan un alto grado de confirmación a la hipótesis 'todas las esmeraldas son verdes'. Esto no presenta en principio ninguna dificultad. Pero considérese ahora el predicado 'verdul', que inventamos expresamente para nuestros propósitos y al que definimos como sigue:

Un objeto es verdul si y sólo si

- a) es observado antes del tiempo t y es verde, o bien
- b) es observado después del tiempo t y es azul.

Supongamos ahora que t es el año 2050. Resulta entonces que todos los casos de esmeraldas observadas hasta el momento confirman también la hipótesis 'todas las esmeraldas son verdes', puesto que son casos de objetos observados antes de t (año 2050) y de color verde. Tenemos, pues, que los mismos datos empíricos confirman dos hipótesis distintas: 'todas las esmeraldas son verdes' (llamémosla H) y 'todas las esmeraldas son verdul' (llamémosla H'). Ahora bien, como hipótesis científicas confirmadas, ambas pueden ser utilizadas para hacer predicciones, y como ambas están confirmadas en la misma medida, las predicciones de ambas deben ser consideradas como igualmente fiables. El problema es que las predicciones que hacen cada una de ellas para las esmeraldas que observemos después del año 2050 son muy distintas. H predice que serán verdes, mientras que H' predice que serán azules. Al proyectar hacia el futuro la evidencia disponible llegamos a resultados en conflicto en función de qué hipótesis tomemos como confirmada. En realidad, mediante este procedimiento podemos predecir cualquier cosa a partir de los datos disponibles. Basta con elegir el predicado apropiado para formular la hipótesis que consideremos confirmada.

Parece obvio que en este ejemplo el predicado que debemos utilizar para proyectar hacia el futuro la evidencia disponible es 'verde' en lugar de 'verdul'. Pero la cuestión es: ¿por qué pensamos así? ¿Qué hace que 'verde' sea preferible a 'verdul' a la hora de formular hipótesis sobre el color de las esmeraldas? El hecho de que 'verdul' sea un término artificialmente creado no puede valer como respuesta. En la ciencia se crean términos que no existían con anterioridad en el lenguaje y el resultado es habitualmente satisfactorio. Es más, la ciencia no podría progresar sin crear términos nuevos.

Otra razón que podría aducirse para preferir 'verde' es que en la definición de este término no hay que hacer ninguna especificación espacio-temporal, mientras que en la definición de 'verdul' sí hay que hacerla; y se supone que los términos sin dichas especificaciones son más útiles para la ciencia. Sin embargo, esto es un asunto de convención. Podríamos inventar, por ejemplo, el tér-

mino 'azerde', al que definiríamos como objeto observado antes de t y de color azul o después de t y de color verde. En tal caso, el término 'verde' podría dejar de ser definido como habitualmente, sin referencias espacio-temporales, y pasar a ser definido del siguiente modo:

- Un objeto es verde si y sólo si
- a) es observado antes de t y es verdul, o bien
 - b) es observado después de t y es azerde.

Éste es en pocas palabras el problema que Goodman denomina 'nuevo enigma de la inducción'. Escribe Goodman:

El problema de justificar la inducción ha sido desplazado por el problema de definir la confirmación, y nuestro trabajo sobre éste nos ha conducido al problema residual de distinguir entre hipótesis confirmables y no confirmables [...]. La pregunta crucial que queda es «¿Qué hipótesis son confirmadas por sus casos positivos?» (Goodman, 1954, págs. 80-81).

La solución de Goodman a este problema pasa por abandonar las consideraciones puramente sintácticas acerca de la confirmación y por tener en cuenta otro tipo de información para saber qué hipótesis debemos considerar confirmada. En concreto debe tenerse presente el historial de predicciones pasadas hechas con cada hipótesis y el resultado obtenido con las mismas. Es esta información la que puede ayudarnos a decidir qué predicados son *proyectables* y cuáles no. Volviendo a nuestro ejemplo, ese tipo de información nos dice que 'verde' tiene un historial mayor de proyecciones que 'verdul', o como dice Goodman, el predicado 'verde' está mejor *atrincherado* que el predicado 'verdul' (pág. 95). Así pues, debemos proyectar los predicados que estén mejor atrincherados, y éstos serán los que cuenten en su haber con mayor número de proyecciones anteriores con éxito. Para determinar qué hipótesis estamos confirmando a partir de la evidencia empírica disponible hemos de atender, por tanto, a consideraciones históricas dentro de una disciplina. El proyecto carnapiano de caracterizar la confirmación como una mera relación lógica entre las hipótesis y la evidencia empírica queda en entredicho.

No debe concluirse de todo esto que el concepto de confirmación sea completamente inútil y que no haya confirmaciones en la ciencia. Es obvio que las hay, y tiene perfecto sentido decir que en muchos casos el conocimiento científico es un conocimiento altamente confirmado. Las críticas que hemos expuesto no van contra esto, sino contra la pretensión de que la confirmabilidad es una característica exclusiva de la ciencia y además una característica que determina dónde comienza el discurso significativo. Quizá tenga razón Stegmüller (1983, pág. 411) en que el proyecto neopositivista de formular un criterio estricto para separar lo que tiene sentido de lo que no lo tiene perseguía fines loables con procedimientos inadecuados. La tarea de eliminar de la filosofía todo

discurso puramente retórico y de buscar la claridad, dando más valor a la experiencia y a la argumentación rigurosa que a los juegos de palabras, es más algo que se debe realizar mediante la promoción de ciertas actitudes que mediante un criterio basado en análisis teóricos. No me resisto a citar con cierta extensión sus palabras porque creo que son un resumen magnífico de lo bueno y lo malo que encerró todo este proyecto:

El aspecto del «problema de la metafísica» [...] no se refiere a una cuestión *teórica*, sino *práctica*. Lo que aquí se siente como un «mal» no es la absurdidad o carencia de sentido de determinados supuestos, sino una *determinada actitud mental*, que aparece en los partidarios de doctrinas metafísicas con la misma frecuencia que en los partidarios de concepciones políticas y religiosas. Se trata del espíritu, o mejor dicho, del mal espíritu de la *intolerancia*, que lleva al intento de *dogmatizar e inmunizar* determinadas concepciones frente a objeciones crítico-racionales. Quien afirma ser un iluminado, que dispone de la verdad única, ya sólo puede pretender reunir a su alrededor discípulos creyentes, sin tener ningún verdadero interés en una discusión racional con su interlocutor, sino a lo sumo un interés fingido. Esta actitud mental no puede superarse *mediante argumentos teóricos*, sino sólo *mediante una actividad* que trate de propagar el pensamiento crítico y que esté animada por la esperanza de que ese mal espíritu en un futuro más o menos lejano, si bien no desaparezca de nuestro planeta, se vea condenado, no obstante a la insignificancia práctica. Esta actividad surgiría de la decisión «*existencial*» a favor de un *modo de vida* para el que la fe inquebrantable, contra la que chocan los argumentos racionales, no sea una virtud, sino un vicio.

4. LA FALSABILIDAD COMO CRITERIO DE DEMARCACIÓN

Karl Popper (1902-1994), un físico y filósofo cercano al neopositivismo, pero también crítico con él, consiguió darle un giro radical a la cuestión. En 1934, dos años antes de que Ayer propusiera la sustitución del concepto fuerte de verificabilidad por otro más débil, o de que Carnap, convencido de la imposibilidad de verificación total de los enunciados universales, iniciase el análisis lógico del concepto de confirmación, aparecía publicada en Viena su primera obra significativa. Sin embargo, esta obra, titulada *Logik der Forschung*, y en la que se exponían ideas que Popper venía madurando desde hacía más de una década, sólo ejercería una influencia muy limitada hasta que se tradujo al inglés en 1959 bajo el título de *The Logic of Scientific Discovery*. A partir de entonces, se convirtió sin lugar a dudas en uno de los trabajos de referencia más importantes de la filosofía de la ciencia. Para su traducción al castellano se prefirió el título inicial: *La lógica de la investigación científica*.

La obra comienza con una tesis abiertamente enfrentada al neopositivismo: el método empleado en la ciencia no es el método inductivo, sino el hipotético-deductivo. La inducción no es siquiera un modo de inferencia lógicamente aceptable. Un conjunto de enunciados singulares, por grande que sea, nunca puede justificar lógicamente la pretensión de verdad de un enunciado univer-

sal o de una teoría; y puesto que tanto el verificacionismo como el confirmacionismo se basan en la aceptación de este tipo de inferencias inductivas, Popper rechaza igualmente ambas posturas. Popper pensaba que la razón de que los filósofos y científicos, desde los tiempos de Bacon, hubieran insistido tanto en que la inducción era el método empleado en la ciencia para justificar las teorías era que creían, erróneamente, que así podían establecer una línea de demarcación entre lo que es ciencia y lo que no es ciencia.

Las razones que Popper aporta para descartar la inducción como método de la ciencia siguen de cerca las críticas que ya había ofrecido Hume. La inducción es injustificable desde un punto de vista lógico. En la conclusión hay siempre contenida más información que en las premisas. Este salto exige una justificación que lo legitime. Tradicionalmente se ha empleado para tal propósito algún *principio de inducción*, como el principio de uniformidad de la naturaleza, que sostiene que las regularidades que se han dado en el pasado continuarán dándose en el futuro. Pero la aceptación de ese principio reclama a su vez una justificación. No puede tratarse de un enunciado analítico, sino de un enunciado sintético cuya verdad debemos sustentar sobre la experiencia (Popper tampoco acepta la posibilidad de enunciados sintéticos *a priori*). Y esto nos lleva entonces a una regresión infinita: para establecer mediante la experiencia la verdad de este principio inductivo necesitaríamos recurrir a un nuevo principio inductivo de orden superior, y para establecer la de éste a otro, y así sucesivamente. Esta objeción afecta igualmente a los intentos de basar las inferencias inductivas en el cálculo de probabilidades.

Por lo tanto, Popper se impone a sí mismo la tarea de reconstruir un criterio de demarcación que sólo admita la lógica deductiva, y ello sin abandonar el principio del empirismo según el cual sólo la experiencia —los enunciados observacionales— puede ayudarnos a decidir sobre la verdad o falsedad de nuestras hipótesis. Porque Popper, después de todo, sigue siendo un empirista.

Existe una asimetría lógica fundamental que puede proporcionar la base para ese nuevo criterio:

Los enunciados universales [...] no son jamás deducibles de enunciados singulares, pero sí pueden entrar en contradicción con estos últimos. En consecuencia, por medio de inferencias puramente deductivas (valiéndose de *modus tollens* de la lógica clásica) es posible argüir de la verdad de enunciados singulares la falsedad de enunciados universales (Popper, 1962, pág. 41).

Así, el enunciado 'todos los cuerpos se atraen entre sí con una fuerza que es directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa' no puede ser jamás verificado, pues no podemos *deducirlo* a partir de enunciados singulares acerca del comportamiento observado de una serie de cuerpos materiales, pero bastaría con que encontráramos un solo caso de incumplimiento del mismo, un solo caso de cuerpos que no se atraigan entre sí como afirma el enunciado, para que, aplicando el *modus tollens*, pudiéramos concluir que el enunciado

es falso. Habría quedado refutado, o en terminología de Popper, habría quedado *falsado*. El *modus tollens* es un tipo de inferencia deductiva que sigue el siguiente esquema: «Si p , entonces q ; y no q ; por lo tanto no p .» En el ejemplo que acabamos de poner, la posible refutación de la ley de la gravedad iría de este modo: «Si todos los cuerpos se atraen entre sí con una fuerza etc., entonces los cuerpos A y B se comportarán de la forma x ; pero resulta que se comprueba experimentalmente que los cuerpos A y B no se comportan de la forma x ; por lo tanto, no es cierto que todos los cuerpos se atraigan entre sí con una fuerza etc.»

En cambio, los enunciados de la metafísica o de las pseudociencias no pueden ser falsados, porque no hay experiencias posibles que puedan servir para refutarlos.

Tenemos con ello todos los elementos para establecer el nuevo criterio de demarcación. Lo que distingue a la ciencia no es su capacidad para verificar o confirmar sus teorías, sino todo lo contrario, su capacidad para deshacerse rápidamente de las teorías erróneas mediante una crítica rigurosa orientada a la refutación de las teorías a partir de la experiencia. Una teoría es científica si y sólo si es *susceptible de refutación o falsación empírica*. En otras palabras, si es posible en principio concebir una o varias observaciones que, caso de darse, harían falsa a la teoría.

Como en los criterios anteriores, se trata de una posibilidad en principio, en este caso de la posibilidad de refutación. Es esa mera posibilidad y no, claro está, la refutación de hecho, la que el criterio exige. Popper creía que el destino de toda teoría científica era el de ser falsada algún día. Pero una teoría puede pasar con éxito durante mucho tiempo todas las pruebas a las que se la someta para intentar falsarla. Y cuanto más duras y rigurosas sean las pruebas que ha pasado con éxito, tanto mejor teoría será. El hecho de pasar con éxito los intentos de refutación no prueba que la teoría sea verdadera, ya que siempre cabe la posibilidad de que sea falsada más adelante, pero al menos podemos decir que la teoría está «*corroborada*». El grado de corroboración de una teoría es sólo el grado en que una teoría ha resistido hasta el momento los intentos de falsación. No debe interpretarse, por tanto, que una teoría es más probable por el hecho de estar mejor corroborada. El grado de corroboración popperiano no se debe identificar con el grado de confirmación carnapiano. La ciencia progresa en la medida en que se proponen hipótesis audaces que van siendo refutadas cuando se consigue encontrar ejemplos en su contra, y, una vez refutadas, van siendo sustituidas por otras hipótesis mejores. La ciencia nunca es más que un sistema de hipótesis o conjeturas. No estamos justificados para afirmar que hemos alcanzado en ella la verdad, y ni siquiera que hemos alcanzado teorías muy probablemente verdaderas.

Todas las teorías científicas encajan, según Popper, con este criterio de demarcación. Nuestras mejores teorías, como la teoría de la relatividad, han efectuado predicciones arriesgadas que podían haber fallado (lo que habría significado la falsación de la teoría) y que sin embargo fueron exitosas. Tal es el caso de la predicción einsteiniana de que la luz se curvaría en campos gravitatorios.

Era una predicción novedosa y arriesgada, que ponía en juego a la teoría, y que fue constatada durante un eclipse solar en 1919. Ello proporcionó fama mundial a Einstein. En cambio, las teorías pseudocientíficas —Popper pensaba sobre todo en el psicoanálisis, la astrología y el marxismo— se caracterizan por que no hacen jamás predicciones arriesgadas, y si las hacen y fallan (como sucedió con el marxismo), buscan la manera de encajar el ejemplo en contra de modo que se convierta en un ejemplo a su favor. Las teorías metafísicas y pseudocientíficas son infalsables de por sí, o bien sus defensores las convierten en infalsables con su actitud de rechazar toda falsación. Para ellas todos son casos confirmadores y nunca refutadores.

En *Conjeturas y refutaciones* hay un texto sumamente ilustrativo en el que Popper narra cómo en 1919, mucho antes de haber entrado en contacto con el Círculo de Viena, cuando todavía era un joven estudiante de física, había llegado al convencimiento de que lo que distinguía a la ciencia no era que las teorías científicas tuvieran muchos casos a su favor, sino que podían hacer predicciones arriesgadas susceptibles de ser desmentidas por la experiencia. En esa época Popper había alcanzado un conocimiento bastante profundo de tres teorías que le inquietaban: el marxismo, el psicoanálisis y la psicología del individuo de Alfred Adler. Pese a su interés por ellas, comenzaba a sospechar que algo las hacía distintas de otra teoría por la que también sentía fascinación: la teoría de la relatividad de Einstein. Y la diferencia parecía estar en que, paradójicamente, no había ninguna conducta humana que no pudiera ser encajada bajo las tres primeras, mientras que en el caso de la teoría einsteiniana, se efectuaban ciertas predicciones claras que podían fallar estrepitosamente. La teoría einsteiniana adelantaba qué tipo de experiencias podrían ir en su contra. El texto continúa:

Descubrí que aquellos de mis amigos que eran admiradores de Marx, Freud y Adler estaban impresionados por el número de puntos comunes en estas teorías, y especialmente por su aparente *poder explicativo*. Estas teorías parecían capaces de explicar prácticamente todo lo que sucedía dentro de los campos a los que se referían. El estudio de cualquiera de ellas parecía tener el efecto de una conversión o revelación intelectuales que abría los ojos a nuevas verdades escondidas para los no iniciados. Una vez que los ojos se abrían de esta manera, se veían ejemplos confirmadores por todas partes: el mundo estaba lleno de *verificaciones* de la teoría. Sucediera lo que sucediera, siempre era una confirmación de la teoría. De este modo, su verdad parecía manifiesta; y los incrédulos eran claramente personas que no querían ver la verdad manifiesta; que rehusaban verla, ya fuera porque iba contra sus intereses de clase, ya fuera a causa de sus represiones, que aún no estaban «analizadas» y clamaban por un tratamiento.

Me pareció que el elemento más característico de esta situación era la incesante corriente de confirmaciones, de observaciones que «verificaban» las teorías en cuestión; y éste era un punto que sus partidarios enfatizaban constantemente. Un marxista no podía abrir un periódico sin encontrar en cada página evidencia que confirmara su interpretación de la historia; no sólo en las noticias, sino también en su presentación —que revelaba los prejuicios de cla-

se del periódico— y especialmente, claro está, en lo que el periódico no decía. El analista freudiano subrayaba que sus teorías eran verificadas constantemente por sus ‘observaciones clínicas’. En lo que respecta a Adler, me impresionó mucho una experiencia personal. En cierta ocasión, en 1919, le informé de un caso que no me parecía particularmente adleriano, pero que él no encontró ninguna dificultad en analizar en los términos de su teoría de los sentimientos de inferioridad, aunque ni siquiera había visto al niño. Un poco escandalizado le pregunté cómo podía estar tan seguro. ‘Por mi experiencia de mil casos’, replicó; a lo que no pude evitar contestarle: ‘Y con este nuevo caso supongo que su experiencia es ahora de mil y un casos.’

[...] Era precisamente este hecho —que siempre encajaban, que siempre eran confirmadas— lo que a los ojos de sus admiradores constituía el argumento más fuerte a favor de estas teorías. Empecé entonces a comprender que esta fuerza aparente era de hecho su debilidad.

Con la teoría de Einstein la situación era muy diferente. Tomemos un ejemplo típico —la predicción einsteiniana, que acababa de ser confirmada por los hallazgos de la expedición de Eddington. La teoría de la gravedad de Einstein llevaba al resultado de que la luz debía ser atraída por cuerpos pesados (como el Sol), tal como son atraídos los cuerpos materiales. En consecuencia, podía calcularse que la luz de una estrella fija distante cuya posición aparente estuviera cercana al Sol llegaría a la Tierra desde tal dirección que la estrella parecería estar ligeramente desplazada con respecto al Sol; o, en otros términos, las estrellas cercanas al Sol se verían como si se hubiesen separado un poco del Sol y unas de otras. Esto es algo que no puede observarse normalmente, ya que tales estrellas se vuelven invisibles durante el día debido al abrumador brillo del Sol; pero durante un eclipse es posible tomar fotografías de ellas. Si la misma constelación es fotografiada por la noche, se pueden medir las distancias sobre las dos fotografías y comprobar el efecto predicho.

Ahora bien, lo impresionante en este caso es el riesgo que implica una predicción de este tipo. Si la observación muestra que el efecto predicho está definitivamente ausente, la teoría simplemente queda refutada. La teoría es *incompatible con ciertos resultados posibles de la observación* —de hecho, con resultados que todo el mundo habría esperado antes de Einstein (Popper, 2002, págs. 45-47).

Unas páginas después Popper identifica sin ambages la actitud científica con la actitud crítica, que busca refutar si es posible los propios puntos de vista para cambiarlos cuanto antes si son erróneos, y la actitud pseudocientífica con la actitud dogmática, que sólo busca confirmaciones de los propios puntos de vista y tiende a ignorar los contraejemplos.

Popper no propone la falsabilidad como criterio para separar lo que tiene sentido de lo que no lo tiene, al modo en que los neopositivistas presentaban la verificabilidad y la confirmabilidad, sino únicamente como criterio de demarcación entre lo que es ciencia empírica y lo que no lo es, sin prejuzgar la carencia o no de sentido de este último ámbito. A ambos lados de la línea pueden existir sistemas de enunciados con sentido. La metafísica, en particular, no tiene por qué ser un absurdo. Y esto queda de manifiesto cuando constatamos que algunas teorías que durante siglos fueron consideradas como metafísicas,

como es el caso del atomismo, pasaron más tarde a formar parte de la ciencia. Popper no busca en absoluto «derribar la metafísica», sino delimitar claramente su terreno frente a las ciencias, aunque dadas las influencias mutuas, las fronteras no puedan ser siempre precisas (cfr. Popper, 1985b, págs. 199-200). El criterio de falsabilidad debe entenderse como una *convención* útil para establecer dicha delimitación. En tal sentido, escapa a la crítica que se hacía a los criterios neopositivistas acerca de si ellos mismos eran enunciados con sentido cognitivo. Dicho de otra manera, el criterio de falsabilidad no tiene por qué ser falsable, porque no es una hipótesis científica, sino una propuesta filosófica o metodológica, pero el hecho de que no sea falsable no lo convierte en algo sin sentido, porque fuera de la ciencia hay también discursos significativos acerca del mundo.

Las leyes científicas, por tanto, no son ni verificables ni confirmables, pero son falsables. Esto obedece a que todo enunciado universal puede ser refutado por un solo caso que lo contradiga. En efecto, todo enunciado universal es lógicamente equivalente a la negación de un enunciado existencial. Debido a esto, Popper propone que las leyes sean entendidas no como afirmaciones de que algo sucede en el mundo, sino como negaciones o prohibiciones de algo. Aceptar un enunciado singular que infringe esa prohibición implica afirmar la existencia de algo no permitido por la ley y, por consiguiente, la ley queda refutada (cfr. Popper, 1962, págs. 66-67).

De esta consideración se siguen dos consecuencias importantes y características de la filosofía de Popper. En primer lugar, los enunciados existenciales, en la medida en que no pueden ser contradichos por ningún *enunciado básico*, esto es, por ningún enunciado singular acerca de un acontecimiento observado, no son falsables. Por lo tanto, según el criterio de demarcación asumido, los enunciados estrictamente existenciales no son empíricos sino metafísicos. Esta consecuencia de sus tesis le acarreo a Popper bastantes críticas (cfr. Hempel 1959). Sin embargo, Popper siempre insistió en que eran fruto de una mala interpretación. Para evitar estos problemas introdujo en la traducción inglesa de *La lógica de la investigación científica* la aclaración de que la infalsabilidad y el carácter metafísico se atribuyen a enunciados existenciales *aislados*. En cambio, los enunciados existenciales que formen parte de una teoría falsable, como por ejemplo 'existe un elemento con el número atómico 72', serán científicos, ya que la teoría en cuestión, en este caso la teoría atómica, es contrastable y proporciona indicaciones acerca del modo de encontrar ese elemento. El contexto teórico en el que un enunciado existencial se sitúa puede hacerlo falsable (cfr. Popper, 1962, pág. 67 y 1985b, pág. 218).

La segunda consecuencia mencionada es que cuanto más cosas prohíba un enunciado universal, tanto más cosas dice, y, por consiguiente, tanto más falsable es, ya que puede ser contradicho por más enunciados acerca de experiencias posibles. Por eso las tautologías no dicen nada y las contradicciones dicen demasiado. Inversamente, esto significa que una hipótesis muy poco falsable es también una hipótesis que dice muy poco. Y puesto que la probabilidad lógica de un enunciado es, según Popper, complementaria de su grado de falsabilidad

—es decir, que cuanto más probable es un enunciado, menos falsable es—, la ciencia no debe buscar una alta probabilidad en sus teorías, sino todo lo contrario. Lo que interesan son teorías arriesgadas y muy falsables, porque son las que más información empírica aportan, las que más *contenido empírico* tienen. Un mayor contenido empírico (una mayor precisión, una mayor universalidad) implica un mayor grado de falsabilidad. Tomemos un ejemplo muy simple para aclarar estas relaciones. Consideremos los siguientes enunciados:

- a) Todos los electrones tienen spin.
- b) Todos los electrones tienen spin $1/2$.

De estos dos enunciados (*b*), es más informativo que (*a*), pues además de decirnos lo que nos dice (*a*), hace una afirmación acerca del valor del spin del electrón. En cambio, *prima facie*, sin ningún dato en nuestra mano, la probabilidad de (*a*) es mayor que la de (*b*), ya que es menos arriesgado, e incluye a (*b*) como caso particular. De las tres posibilidades que entran en juego (que el electrón no tenga spin, que tenga spin distinto de $1/2$, o que tenga spin $1/2$), el enunciado (*a*) sólo descarta una, mientras que el (*b*) descarta esa y otra más. Por lo tanto, la probabilidad de acertar a ciegas con (*a*) es mayor que la de acertar con (*b*). Pero por todo ello (*b*) es más falsable que (*a*). Hay menos casos que pueden refutar (*a*) que casos que pueden refutar (*b*). El primero sólo puede ser refutado por casos de electrones sin spin. El segundo puede ser refutado por casos de electrones sin spin y por casos de electrones con spin distinto de $1/2$. En definitiva, la clase de los posibles falsadores de (*b*) incluye a la clase de los posibles falsadores de (*a*).

Hemos explicado que una hipótesis o una teoría queda falsada si se acepta como verdadero un enunciado básico que la contradiga. Un enunciado básico es un enunciado singular acerca de la ocurrencia de un evento observable. Esto nos sitúa ante un problema que Popper trató con especial cuidado pero que, en opinión de sus críticos, no llegó a resolver satisfactoriamente de acuerdo con sus propias convicciones epistemológicas. El problema es: ¿cómo y por qué se aceptan los enunciados básicos? En terminología de Popper, se trata del *problema de la base empírica*.

El fundamento más inmediato que los filósofos, en especial los empiristas, han solido buscar para la aceptación de los enunciados básicos es la experiencia. Según esto, un enunciado básico es aceptable si y sólo si la experiencia nos muestra que realmente es cierto lo que el enunciado dice. Popper no niega en absoluto que esto sea así o que tal manera de proceder sea racional y conveniente. Es decir, no niega que los enunciados básicos han de ser contrastables mediante la observación. Lo que sí pretende es distinguir con claridad la cuestión de la fuerza que nuestras experiencias subjetivas o nuestros sentimientos de convicción puedan tener para motivar la aceptación personal de los enunciados básicos (lo cual es objeto de investigación psicológica) de la cuestión sobre la posibilidad de justificación lógica de tales enunciados (lo cual es un problema lógico y metodológico). El asunto es que si bien la experiencia puede motivar la aceptación de un enunciado básico, no puede *justificarla*, ya que «los enunciados sólo pueden justificarse lógicamente me-

dian­te enun­ciados» (Popper, 1962, pág. 43). Popper pre­ten­de así sal­va­guar­dar la objeti­vi­dad de la base empí­rica de la ciencia. Dicha base no se jus­ti­fi­ca lógi­ca­men­te por­que po­da­mos tener expe­rien­cia acer­ca de ella. En otras pa­la­bras, la expe­rien­cia —y aquí de nue­vo Popper se se­para de las tesis ini­cia­les del neopo­si­ti­vis­mo— no puede pro­bar la ver­dad de los enun­cia­dos bá­si­cos. Escri­be Popper:

Por in­ten­so que sea un sen­ti­mien­to de con­vic­ción nunca po­drá jus­ti­fi­car un enun­cia­do. Por tan­to, puedo es­tar abso­lu­ta­men­te con­ven­ci­do de la ver­dad de un enun­cia­do, se­gu­ro de la evi­den­cia de mis per­cep­cio­nes, abru­ma­do por la in­ten­si­dad de mi expe­rien­cia: puede pa­re­cer­me ab­sur­da to­da du­da. Pero, ¿aporta, aca­so, to­do ello la más leve ra­zón a la ciencia para ac­cep­tar mis enun­cia­dos? [...]. La úni­ca res­pues­ta po­si­ble es que no, y cual­quier otra se­ría in­com­pa­ti­ble con la idea de la objeti­vi­dad cien­tí­fica (Popper, 1962, pág. 45).

La expe­rien­cia no puede jus­ti­fi­car los enun­cia­dos bá­si­cos por­que, como he­mos di­cho, éstos sólo pueden ser jus­ti­fi­ca­dos por otros enun­cia­dos. Pero ademas, cual­quier enun­cia­do cien­tí­fico, in­clui­do los enun­cia­dos bá­si­cos más si­m­ples, van siem­pre más allá de lo que la expe­rien­cia in­me­di­ata nos mues­tra. De ahí que no se pueda sos­te­ner la verifi­ca­bi­li­dad de ningún enun­cia­do, ya sea uni­ver­sal, exis­ten­cial o sin­gu­lar. Todo enun­cia­do, por ele­men­tal que sea, in­cluye tér­mi­nos uni­ver­sa­les que tras­cienden la expe­rien­cia in­me­di­ata. Hasta un enun­cia­do tan apegado a la expe­rien­cia como puede ser ‘aquí hay un vaso de agua’ in­cluye dos tér­mi­nos, ‘vaso’ y ‘agua’, cuyo signi­fi­ca­do con­tiene ele­men­tos que no pueden re­ducir­se a nin­gu­na expe­rien­cia con­cre­ta de ver un vaso de agua; por ejem­plo, que tan­to los vasos como el agua po­seen cer­tos com­por­ta­mien­tos re­gu­la­res que es­pe­ra­mos en­con­trar en cada caso de expe­rien­cias con ellos. No he­mos apre­hen­di­do en nin­gu­na expe­rien­cia deter­mi­na­da de ver un vaso de agua que el agua es un líqui­do in­co­loro, in­odo­ro e in­sí­pi­do y que su com­po­si­ción quí­mica es H_2O (cfr. Popper, 1962, pág. 90).

Ahora bien, los enun­cia­dos bá­si­cos con­sti­tu­yen las pre­misas para toda fal­sa­ción. Por con­si­guiente, en tan­to que enun­cia­dos cien­tí­ficos deben ser fal­sa­bles. Si la fal­sa­ción de una teoría se re­a­li­za ac­cep­tando un enun­cia­do bá­si­co que la con­tra­di­ga, la fal­sa­ción de un enun­cia­do bá­si­co se re­a­li­za ac­cep­tando otro enun­cia­do bá­si­co que lo con­tra­di­ga (o que con­tra­di­ga a al­gu­no de los enun­cia­dos bá­si­cos que se si­guen de él en con­jun­ción con una teoría). Pero este pro­ce­so de fal­sa­cio­nes debe tener un fin. No ten­dría sen­ti­do pro­se­guir in­de­fini­da­men­te el cues­ti­o­namien­to de los enun­cia­dos bá­si­cos. Ha de lle­gar un mo­men­to en el que los in­ves­ti­ga­do­res de­ci­dan de­te­ner el pro­ce­so y ac­cep­tar un enun­cia­do bá­si­co (o un con­jun­to de enun­cia­dos bá­si­cos), con­si­de­rán­do­se satis­fechos con ellos por el mo­men­to. En una pa­la­bra, según Popper, la ac­cep­ta­ción de unos enun­cia­dos bá­si­cos en lugar de otros de­pen­de de una de­ci­sión por parte de los cien­tí­ficos. Se acuerda tácita­men­te ac­cep­tar aque­llos enun­cia­dos bá­si­cos sobre los que se su­pone que los in­ves­ti­ga­do­res se pon­drán fá­cil­men­te de ac­uerdo. Aque­llos que na­die va a cues­ti­o­nar pre­visi­ble­men­te. Esto quiere de­cir que, en el fon­do, los enun­cia­dos bá­si­cos se ac­cep­tan por *con­ven­ción* (cfr. Popper, 1962,

págs. 99-101). La base empírica de la ciencia se convierte así en algo revisable y provisional; algo que no autoriza jamás a afirmar que se ha probado definitivamente mediante ella la verdad de una teoría:

La ciencia no está cimentada sobre roca: por el contrario, podríamos decir que la atrevida estructura de sus teorías se eleva sobre un terreno pantanoso, es como un edificio sobre pilotes. Éstos se introducen desde arriba en la ciénaga, pero en modo alguno hasta alcanzar ningún basamento natural o 'dado'. Cuando interrumpimos nuestros intentos de introducirlos hasta un estrato más profundo, ello no se debe a que hayamos topado con terreno firme: paramos simplemente porque nos basta que tengan firmeza suficiente para soportar la estructura, al menos por el momento (Popper, 1962, pág. 106).

La tesis epistemológica de que los enunciados básicos se aceptan por convención parece estar muy cercana al convencionalismo de Duhem y Poincaré. Para el convencionalismo, las teorías científicas se aceptan o se rechazan según las decisiones de los científicos sobre su simplicidad y su utilidad para explicar los fenómenos, pero nunca por una supuesta verdad objetiva de dichas teorías. Popper, que unos años después de escribir esto será uno de los defensores principales del realismo científico, se esfuerza por distinguir su tesis de la tesis convencionalista en un punto que considera esencial: mientras que el convencionalista sostendría que los enunciados que se deciden por medio del acuerdo son los enunciados universales (leyes y teorías), su opinión es que son sólo los enunciados singulares los que se aceptan de este modo (cfr. Popper, 1962, pág. 104). No obstante, si el destino de las teorías depende de la aceptación o no de determinados enunciados básicos y si éstos se aceptan por convención, sin que la experiencia juegue un papel epistemológico, sino sólo psicológico, entonces el destino de las teorías depende de una convención. ¿No conduce esto al mismo resultado que la postura convencionalista? Así lo creen algunos críticos. Newton-Smith, por ejemplo, no duda en sacar una conclusión fuerte: «[L]os popperianos son muy aficionados a inculpar a Kuhn de reducir la aceptación de teorías a una 'cuestión de psicología de masas'. Pero resulta bastante difícil ver como puede defenderse Popper de esta misma crítica en lo que toca a la elección de teoría. Para él la aceptación y el rechazo de teorías descansan sobre decisiones convencionales infundadas e infundables de la comunidad científica, lo que corresponde exactamente a convertir el tema en psicología de masas.» (Newton-Smith, 1987, pág. 77).

Ahora examinaremos las razones por las que el criterio de falsabilidad, tal como Popper lo presenta, falla en su cometido de criterio de demarcación. Al igual que en el caso de la confirmabilidad, este fracaso no debe interpretarse en el sentido de que la falsabilidad no cumpla ningún papel en la ciencia. El problema es, más bien, que ese papel no le permite marcar una distinción neta con ámbitos exteriores a la ciencia.

El criterio de falsabilidad recibió críticas desde el lado neopositivista, pero las más interesantes vinieron fundamentalmente de Kuhn, Lakatos y Fe-

yerabend (cfr. Kuhn, 1962/1970 y 1970, Lakatos, 1983 y Feyerabend, 1981). Para éstos el criterio de Popper no es válido porque, como muestra un análisis serio de la historia de la ciencia, las teorías científicas no siempre son falsables en el sentido descrito. Los científicos casi nunca consideran falsada una teoría porque choque con el resultado de alguna observación o experimento. Las teorías son tenaces frente a la evidencia empírica. Y ello por varios motivos.

Por una parte, está el hecho de que los enunciados básicos que expresan esos resultados son *falibles* (al igual que las teorías); no se ve, pues, por qué habría mejores razones para mantener un enunciado básico, a costa de una teoría plagada de éxitos anteriores, que para abandonar el enunciado. Al fin y al cabo podemos estar equivocados con respecto a ese determinado hecho descrito por el enunciado básico, y una teoría es algo demasiado valioso y difícil de formular como para abandonarla a las primeras de cambio. Lo más prudente en tales condiciones sería relegar el enunciado básico a un segundo plano y considerar su conflicto con la teoría como una anomalía que el avance de los conocimientos terminará por explicar. Y es así como proceden frecuentemente los científicos; ignoran los supuestos contraejemplos estimándolos como no fiables o como dificultades que se deben resolver más adelante. Además, no podría ser de otro modo porque *todas* las teorías han nacido y se han desarrollado envueltas en este tipo de «anomalías» y nunca han estado libres de contraejemplos. En los momentos iniciales de una teoría es muy probable que estos ejemplos proliferen, pero los científicos tienden a ignorarlos si ven que la teoría es suficientemente prometedora. Si los contraejemplos hubieran determinado el rechazo de las teorías, no habría habido posibilidad de aceptar ninguna durante el tiempo suficiente para que mostrara sus potencialidades. Todas habrían sido rechazadas desde el primer momento.

Un caso bien conocido de cómo los científicos apartan las anomalías y contraejemplos es el del perihelio del planeta Mercurio. El perihelio es el punto en el que un planeta se acerca más al Sol. En el caso de Mercurio, este perihelio experimenta un desplazamiento mayor del que podía obtenerse con la mecánica newtoniana. Sin embargo, ningún científico consideró jamás que este contraejemplo la falsaba. Más bien se esperaba que en el futuro se pudiera encontrar una respuesta satisfactoria. En realidad dicha respuesta no pudo encontrarse nunca dentro de la mecánica newtoniana y tuvo que llegar de la mano de la teoría general de la relatividad. En ella, la energía del campo gravitatorio solar lleva asociada una masa que añade más energía al campo gravitatorio originado exclusivamente por la masa del Sol. Es esta energía añadida, especialmente notable cuando nos acercamos al Sol, lo que explicaría la desviación del perihelio de Mercurio.

Por otra parte, aun cuando los científicos decidieran aceptar ciertas anomalías que fueran refutadores potenciales de una teoría, siempre pueden proteger la teoría mediante hipótesis *ad hoc*, es decir, mediante hipótesis añadidas que modifiquen la teoría con el fin de evitar la falsación. No escasean los casos históricos con los que Kuhn, Lakatos y Feyerabend ilustran este uso de hipótesis

ad hoc en la ciencia. En ocasiones, el uso de dichas hipótesis va más allá de una estrategia defensiva y posibilita un progreso científico significativo. Bohr empleó esta estrategia, por ejemplo, para «explicar» el hecho evidente de que los electrones no colapsan rápidamente en el núcleo atómico, cuando eso es exactamente lo que debía ocurrir de acuerdo con la teoría electromagnética si suponemos que los electrones son partículas cargadas que se mueven en torno al núcleo atómico. Su solución a este choque entre teoría y datos empíricos no pudo ser más radical: la teoría, sencillamente, no se aplica en el caso de los electrones; o mejor podríamos decir, se postula que algo impide que su comportamiento pueda ser el exigido por la teoría. El modelo atómico propuesto por Bohr en 1913 postulaba, en efecto, que sólo son posibles órbitas electrónicas estacionarias asociadas a cierto nivel de energía con un valor múltiplo de la constante de Planck. El átomo sólo puede hallarse en estos estados estacionarios cuantizados. Los electrones emiten (o absorben) un cuanto de energía (un fotón) únicamente al pasar de un nivel de energía, a otro. Cuando el átomo absorbe energía del exterior, el electrón se desplaza a una nueva órbita estable con mayor energía. Cuando el electrón vuelve a la órbita previa, la pérdida de energía del electrón viene determinada por la diferencia de energía entre el estado fundamental y el estado excitado, y se cede en forma de un fotón con una frecuencia determinada. Pero mientras los electrones se mantengan en la misma órbita alrededor del núcleo no radian o pierden energía. Esto es tanto como decir que no se les aplican las leyes de Maxwell. Si se les aplicaran, los electrones deberían emitir constantemente energía —deberían radiar ondas electromagnéticas de frecuencia igual a la correspondiente a su rotación—, con una pérdida energética que les haría caer hacia el núcleo en una mínima fracción de segundo. Al caer, la frecuencia de su movimiento sería cada vez mayor y la luz emitida debería ir aumentando gradualmente de frecuencia, dando lugar a un espectro de emisión continuo. Lo que se observa, por el contrario, es que los átomos pueden emitir ondas electromagnéticas sólo en frecuencias discretas específicas (las líneas espectrales). El modelo de Bohr conseguía explicar este carácter discreto de los espectros de emisión. Las rayas de los espectros de emisión de cada elemento se corresponden con ciertas frecuencias características porque los fotones son emitidos con unas energías determinadas y sólo con esas. Ello contribuyó a que el modelo fuera recibido muy favorablemente desde el principio. Sin embargo, el modelo Bohr no sólo introducía como hipótesis *ad hoc* la idea de que las ecuaciones de Maxwell no son aplicables en la escala subatómica, sino que en realidad, sólo conseguía explicar satisfactoriamente las propiedades del átomo de hidrógeno, con un único electrón. No obstante, este carácter *ad hoc* y su falta de encaje con átomos más complejos no impidió su aceptación rápida por parte de los científicos.

Por último, no es factible en ocasiones determinar si el choque con los hechos tiene su causa en la propia teoría o en las hipótesis auxiliares utilizadas para su contrastación. Quine ya había señalado —y mucho antes que él también Pierre Duhem, por lo que esto se conoce como ‘tesis Duhem-Quine’— que las teorías nunca se someten aisladas a la contrastación, sino en conjunción

con diversas condiciones iniciales y toda clase de hipótesis auxiliares (como las relativas al funcionamiento de los instrumentos). Esto hace imposible atribuir de manera segura a la teoría la responsabilidad de un fracaso experimental, puesto que siempre cabe la posibilidad de que sean las hipótesis auxiliares las fuentes del error (véase sección 7.4). Lo habitual, por tanto, es que los científicos protejan legítimamente sus teorías de los intentos de refutación, y que para ello recurran a modificaciones parciales de las mismas, por extrañas e inconexas que puedan ser. No abandonarían la teoría hasta que tengan otra mejor que poner en su lugar.

Popper dio respuesta a estas críticas (cfr. Popper, 1974, págs. 976-987 y 1985b, págs. 23-42 y 224-29). Incansablemente repitió que él nunca fue el falsacionista ingenuo que parecen tener en mente sus críticos. En particular, subrayó el hecho de que ya en 1934, en la primera edición de *La lógica de la investigación científica*, había negado la existencia de falsaciones concluyentes de teorías basándose precisamente en el carácter falible de los enunciados básicos y en la posibilidad de recurrir a hipótesis *ad hoc*. En esta obra encontramos ciertamente un pasaje como éste: «No es posible jamás presentar una refutación concluyente de una teoría, ya que siempre puede decirse que los resultados experimentales no son dignos de confianza, o que las pretendidas discrepancias entre aquéllos y la teoría son meramente aparentes y desaparecerán con el progreso de nuestra comprensión de los hechos» (Popper, 1962, pág. 49). Y unas páginas antes leemos: «Siempre es posible encontrar una vía de escape de la falsación, por ejemplo, mediante la introducción *ad hoc* de una hipótesis auxiliar o por cambio *ad hoc* de una definición; se puede, incluso, sin caer en incoherencia lógica, adoptar la posición de negarse a admitir cualquier experiencia falsadora» (Popper, 1962, pág. 41; véase también págs. 77-78).

Ahora bien, según Popper, esta imposibilidad de refutación o falsación concluyente no obliga ni mucho menos a abandonar la falsabilidad como criterio de demarcación, porque si bien es posible eludir la falsación de la manera citada, los científicos deben seguir una serie de *reglas metodológicas*, que son las reglas de juego de la ciencia empírica. Y esas reglas exigen no emplear estrategias protectoras de las teorías de modo que disminuyan la falsabilidad de éstas. Es cierto que los científicos *pueden* recurrir a esas estrategias, pero *no deben* hacerlo, porque ello conduce a la larga al estancamiento de la investigación. Pueden efectuar hipótesis *ad hoc* cuando lo necesiten, pero con la condición de que esas hipótesis *ad hoc* sean contrastables independientemente y aumenten así el grado de falsabilidad de la teoría para la que se proponen.

En cuanto a la imposibilidad de atribuir la responsabilidad de una falsación a la teoría o a las hipótesis que la acompañan, Popper admite que, en efecto, sólo podemos falsar sistemas teóricos completos y que cuando decidimos que el choque con los hechos refuta unas hipótesis en lugar de otras, estamos con ello haciendo una conjetura falible que supone asumir un cierto riesgo de realizar una atribución incorrecta de responsabilidad. Sin embargo, a pesar de todo, los científicos suelen tener éxito al señalar una determinada hipótesis como la responsable del fracaso. Eso se debe a que las teorías científicas presen-

tan una estructura de capas de diferente profundidad, universalidad y precisión, lo cual permite distinguir las partes de una teoría que están más expuestas a la falsación (cfr. Popper, 1985b, págs. 226-228).

En definitiva, la respuesta de Popper puede reconstruirse más o menos de la siguiente forma: teorías falsables y, por tanto, científicas, como la mecánica clásica (el ejemplo es suyo), podrían ser protegidas siempre de la falsación mediante ciertas estrategias, convirtiéndose de ese modo en infalsables y enseudocientíficas; pero esto no debe hacerse porque el juego de la ciencia empírica está regido por métodos de contrastación que prohíben recurrir a dichas estrategias. Por consiguiente, las teorías científicas no se caracterizan porque sean falsables concluyentemente, sino porque son falsables si los científicos adoptan frente a ellas una actitud crítica e intelectualmente honesta. Averiguar si una teoría es científica significa entonces preguntar, además de por su forma lógica o por lo que la teoría dice, por la actitud con la que es contrastada. Primero hay que saber si sus partidarios han adoptado la decisión metodológica de jugar realmente al juego de la ciencia, ya que si no lo hacen, cualquier teoría que mantengan estará inmunizada frente a la falsación; y una vez que se sabe que están jugando a dicho juego, podemos indagar si la teoría es realmente científica atendiendo a su falsabilidad. Sólo cuando se excluyen mediante reglas metodológicas oportunas las estrategias convencionalistas de protección y se decide actuar de manera crítica se puede recurrir a una caracterización lógica de la falsabilidad. La caracterización puramente lógica de la falsabilidad como una relación entre la teoría y una clase de enunciados básicos parte, pues, de la presunción de que los partidarios de la teoría aceptan el método empírico y no juegan sucio intentando salvar la teoría a toda costa. Si no se adopta esa actitud crítica el criterio de falsabilidad se vuelve inútil, sencillamente porque entonces no se está haciendo ciencia.

El error de sus críticos estaría, según Popper, en no haber comprendido que el hecho de que los científicos no adopten a veces una actitud crítica —una actitud científica—, no destruye su criterio de demarcación para sistemas teóricos, sino que, a lo sumo, lo que pone en evidencia es que los científicos no siempre se comportan racionalmente y no siempre siguen los métodos adecuados. El criterio de falsabilidad funciona cuando los científicos hacen lo que deben y deciden actuar críticamente en lugar de buscar la salvación de sus teorías a toda costa. Cuando los que proponen una teoría deciden por el contrario no jugar al juego de la ciencia, eso los desacredita a ellos, no al criterio.

El psicoanálisis y la astrología, por ejemplo, no son científicos según Popper porque, aunque sus partidarios estuvieran dispuestos a no utilizar estrategias inmunizadoras —cosa a la que no están dispuestos—, son teorías que no prohíben ninguna experiencia posible, sino que son compatibles con todas. En cambio el marxismo no es científico porque, siendo una teoría falsable, ya que ha sido falsada por los acontecimientos históricos en Rusia, ha sido reinterpretada para inmunizarla ante todos los ataques (cfr. Popper, 2002, pág. 48-51).

En resumen, la actitud crítica que busca contrastaciones cruciales es la actitud que debe caracterizar a la ciencia; ella es necesaria para que las teorías falsables puedan ser falsadas, y sin ella una teoría falsable puede hacerse infalsa-

ble y pseudocientífica, como ocurrió con el marxismo. Dando por sentada esa actitud habrá entonces teorías pseudocientíficas por ser infalsables (en el sentido de ser compatibles con cualquier experiencia posible), como el psicoanálisis y la astrología, y teorías científicas por ser falsables (en el sentido de prohibir algún suceso posible), como la teoría de la relatividad de Einstein. De este modo, la teoría de Einstein es falsable y no inmunizada, el marxismo es falsable pero inmunizado y el psicoanálisis y la astrología son infalsables. La primera es científica, la segunda ha sido convertida en pseudocientífica y las otras dos son en sí mismas pseudocientíficas.

En *La lógica de la investigación científica* Popper distinguía entre falsabilidad (*falsability*) y falsación (*falsification*) (cfr. Popper, 1962, págs. 82-84). La falsabilidad es el criterio de demarcación y se refiere —según explicaba— a una relación *lógica* entre la teoría y los enunciados básicos. La falsación es la aceptación efectiva de uno o varios enunciados básicos que contradicen a la teoría en cuestión y corroboran a una hipótesis falsadora. La falsación depende del cumplimiento de ciertas reglas o postulados metodológicos que determinan cuándo debemos considerar falsado un sistema teórico. Por lo tanto, el que los científicos incumplan los postulados metodológicos no debería considerarse como un cargo contra el criterio lógico.

En la «Introducción de 1982» al volumen 1 de su *Post Scriptum a la lógica de la investigación científica*, Popper es aún más explícito. Allí recalca:

La falsabilidad en el sentido de un criterio de demarcación es un asunto puramente lógico. Se refiere únicamente a la estructura lógica de los enunciados y de las clases de enunciados. Y *no tiene nada* que ver con la cuestión de si ciertos resultados experimentales posibles podrían o no ser aceptados como falsaciones (Popper, 1985b, pág. 23).

Inmediatamente después Popper deja claro que las teorías científicas son falsables en el sentido puramente lógico, pero no en el sentido práctico de que puedan ser definitiva y concluyentemente falsadas. Popper denomina al primer sentido 'falsabilidad₁' y al segundo 'falsabilidad₂'.

En esta obra, sin embargo, Popper revisa su opinión sobre las razones de la pseudocientificidad del psicoanálisis. Después de un párrafo donde afirma que no puede concebir ningún ejemplo de conducta que no pueda interpretarse en los términos de las teorías de Freud y Adler, añade con fecha de 1980 el siguiente comentario: «Ahora creo que la última oración del párrafo anterior era demasiado fuerte. Como me ha señalado Bartley, hay ciertos tipos de conducta que son incompatibles con la teoría de Freud, es decir, que la teoría de Freud los excluye» (Popper, 1985b, pág. 209). Bartley, en efecto, le mostró a Popper un ejemplo de falsador potencial del psicoanálisis puesto por el mismo Freud. Se trataba del caso de una paciente paranoica que no ocultaba ningún conflicto con impulsos homosexuales inconscientes. Eso era algo que no podía ocurrir según la teoría psicoanalítica, puesto que, según dicha teoría, una intensa homosexualidad reprimida era una condición indispensable de la paranoia. En

realidad, no es de extrañar este cambio de opinión porque en la primera redacción Popper reconocía implícitamente la falsabilidad del psicoanálisis al mantener que «los sueños de angustia constituyen una refutación general de la satisfacción de deseos» (Popper, 1985b, pág. 213). Además, como ha señalado Grünbaum (1989, pág. 143): «Si Popper tuviera razón en que 'la teoría de Freud... simplemente no tiene falsadores potenciales' [...], ¿por qué habrían necesitado los freudianos *esquivar* las refutaciones por medio de gambitos inmunizadores?» Sea como sea, el caso es que Popper llegó al convencimiento de que el psicoanálisis es falsable en el sentido lógico (falsable_l), es decir, que es incompatible con algún suceso lógicamente posible, pero había sido inmunizado contra la falsación por sus defensores. Estaría así en la misma situación que el marxismo.

La pregunta ineludible después de esto es: ¿qué teorías son entonces infalsables? De los casos ya citados sólo nos queda la astrología, pero en *Realismo y el objetivo de la ciencia* Popper cita dos más: la teoría que afirma que 'todas las acciones humanas son egoístas, motivadas por el propio interés' y los enunciados puramente existenciales como 'hay una ceremonia cuya realización exacta hace aparecer al diablo' (cfr. Popper, 1985b, pág. 24). Comentaremos por separado estos ejemplos.

Comenzando por el último, que es el menos comentario necesita, es una posición un tanto peculiar y discutible la de tener por pseudocientíficos a todos los enunciados existenciales aislados que no formen parte de una teoría contrastable, pero esto no parece suficiente para sustentar un criterio de demarcación del que se espera que sea aplicable fundamentalmente a sistemas teóricos. Incluso aunque Popper tuviera razón en que los enunciados puramente existenciales son infalsables_l, estaríamos ante una tesis con un interés secundario que dejaría todavía por contestar la pregunta de si hay realmente *teorías* infalsables_l.

En cuanto a la astrología, ¿cabe defender en realidad que no entra en contradicción con ningún suceso *lógicamente posible*? Si se entiende que lo que la astrología sostiene es que todo suceso terrestre recibe la influencia de los astros (cfr. Popper, 2002, pág. 255), ésta afirmación parece en principio falsable_l. Quizá podría argüirse en defensa de Popper que no hay ninguna experiencia concebible que pueda asegurarnos que un determinado suceso no ha estado sometido a una influencia astral del tipo que la astrología preconiza, ya que no hay manera de detectar o de medir directamente esa influencia. Pero pueden imaginarse, por ejemplo, experiencias acerca de actos iguales, realizados en el mismo lugar, en el mismo momento y por personas nacidas en el mismo instante, aunque con resultados muy distintos. Esto eliminaría al menos la idea de que las supuestas influencias astrales *determinan* el resultado de nuestros actos. O bien, podrían buscarse personas nacidas en el mismo instante y en lugares cercanos y comprobar si su carácter y los acontecimientos fundamentales de su vida guardan algún parecido.

En realidad, la astrología se basa más bien en la idea de que las configuraciones astrales en el momento del nacimiento de una persona se correlacionan

con ciertas tendencias en las acciones humanas. No todos los astrólogos están de acuerdo en interpretar estas correlaciones como consecuencia de influencias reales de los astros sobre los hombres. Algunos las atribuyen más bien a una especie de armonía preestablecida que hace del macrocosmos un símbolo de lo que sucede en el microcosmos (ser humano). No obstante, pese a la vaguedad de esta idea, y tal como sostiene Kuhn, la astrología ha producido a lo largo de su historia muchas predicciones que no se cumplieron; lo cual significa que hubo conflictos entre la «teoría» y los hechos. Es más, según Kuhn, los astrólogos emplearon para explicar sus fracasos el mismo tipo de explicaciones que los médicos o los meteorólogos para explicar los suyos, a saber, la inmensa complejidad de los fenómenos y de los cálculos (cfr. Kuhn, 1970). No hay, pues, tanta diferencia en este sentido entre la astrología y ciertas prácticas científicas. Lo que hace a la astrología distinta de las disciplinas científicas comúnmente admitidas como tales no es que sea infalsable, sino que está plagada de predicciones fallidas. Ninguna teoría científica con tantos fracasos predictivos se mantendría todavía a flote, por muchos que hubieran sido sus aciertos. De hecho, ha habido varios casos en que se han sometido expresamente a contrastación empírica las predicciones astrológicas, con resultados desalentadores. Por ejemplo, no se ha encontrado ninguna correlación entre los signos del zodiaco y las distintas profesiones. A ello podemos añadir sus carencias teóricas: no ha evolucionado apenas en miles de años y mantiene escuelas con posiciones contrarias en aspectos fundamentales; no tiene una explicación convincente de por qué el momento decisivo desde el punto de vista astrológico es el nacimiento y no la concepción; no ha explicado por qué seguir manteniendo la validez de las cartas astrales realizadas antes de los descubrimientos de Urano, Neptuno y Plutón; no aclara si la influencia astral disminuye o no con la distancia (las cartas astrales se realizan como si la variación en la distancia no afectara al resultado, pero entonces ¿por qué no incluir a las galaxias lejanas?); no proporciona la más mínima indicación de cómo se produce esa influencia de los astros, ni de qué relaciones hay entre ella y las fuerzas fundamentales propuestas por la física³.

Esto nos deja sólo con el ejemplo de los motivos egoístas detrás de cada acción humana. Sobre él hay que hacer la misma pregunta que antes: ¿es que no hay ninguna acción lógicamente posible que no obedezca a un motivo egoísta? Cualquier acción altruista que podamos recordar en nuestra vida es una respuesta negativa a esta pregunta. La teoría 'todas las acciones humanas son egoístas' entra en conflicto con el enunciado básico que expresa una experien-

³ Estas son las objeciones más importantes que la *Astronomical Society of the Pacific* hace a la astrología en su publicación electrónica *The Universe in the Classroom* (www.aspsky.org/html/tml/11/11.html) (Fecha de consulta: 28 de octubre de 97). Es significativo que el asunto de la infalsabilidad de la astrología no aparezca mencionado. Puede consultarse esta publicación para obtener información sobre algunos casos de contrastación empírica de hipótesis o predicciones astrológicas. Por lo demás, casi todas estas objeciones se han formulado repetidamente contra la astrología. Una respuesta, en mi opinión poco convincente, a las mismas puede encontrarse en Barbault (1981, cap. 7).

cia lógicamente posible 'la acción a realizada por el sujeto x en el momento t no tuvo motivación egoísta'.

Podría replicarse de nuevo desde un planteamiento popperiano que el enunciado básico que acabamos de proponer, y cualquier enunciado similar que se formule en relación con la astrología, no expresan sucesos lógicamente posibles para los defensores de esas teorías, porque para ellos no son lógicamente posibles sucesos no influidos por los astros o acciones no egoístas. Esta es precisamente la razón que aduce Popper para explicar cómo una teoría lógicamente falsable puede ser transformada en infalsable. Refiriéndose al enunciado 'todos los cisnes son blancos', explica:

Como ya he dicho, este enunciado es falsable. Supongamos, sin embargo, que hay alguien que, cuando se le enseña un cisne que no es blanco, adopta la posición de que no puede ser un cisne, ya que es «esencial» que un cisne sea blanco.

Tal posición equivale a sostener que los cisnes no blancos son estructuras lógicamente imposibles (y, por lo tanto, inobservables). Los excluye como clase de falsadores potenciales.

En relación con esta clase modificada de falsadores potenciales, el enunciado «todos los cisnes son blancos» es, naturalmente, infalsable. Para evitar ese paso podemos exigir que cualquiera que defienda el carácter científico-empírico de una teoría sea capaz de especificar bajo qué condiciones estaría dispuesto a considerarla falsada, es decir, tendría que ser capaz de describir al menos algunos falsadores potenciales (Popper, 1985b, pág. 25).

Según esto, lo que hace lógicamente infalsables a las teorías que venimos considerando es que sus defensores no especifican de antemano bajo qué condiciones estarían dispuestos a considerarlas falsadas. De nuevo nos encontramos aquí con la idea de que para que el criterio lógico de falsabilidad funcione, debe quedar garantizado que los partidarios de la teoría juegan al juego de la ciencia. Hasta que no acreditan su honestidad científica adelantando ejemplos de enunciados que aceptan como falsadores potenciales, o sea, hasta que no renuncian explícita y previamente a cualquier estrategia inmunizadora, no se puede calificar de científica su teoría, porque aunque fuera falsable₁, ellos podrían hacerla infalsable₂.

Sin embargo, es claro que existe una tensión entre la falsabilidad como criterio de demarcación puramente lógico y la caracterización de la ciencia a través de unas reglas metodológicas que aseguren la actitud crítica. Popper quiere poner el peso de su criterio en las relaciones formales entre las teorías y los posibles enunciados falsadores (falsabilidad₁) para escapar así a la crítica de que en la realidad los científicos no falsan las teorías (falsabilidad₂); pero, por otro lado, no puede obviar la cuestión de qué hacen en la práctica con las teorías aquellos que las proponen y con qué actitud la sustentan. Ahora bien, la actitud de los defensores de una teoría en lo que respecta a la aceptación de los enunciados falsadores potenciales no cambia en absoluto la relación lógica de la teoría con esos enunciados. Si una teoría fuera lógicamente falsable, debería

seguir siéndolo con independencia de que sus defensores se nieguen a falsarla, y así deberían reconocerlo al menos los que no pertenezcan a este grupo. Un criterio puramente lógico de demarcación entre ciencia y no-ciencia no puede incluir consideraciones históricas acerca de la teoría que se juzga, ni puede depender de factores extralógicos como la actitud con la que sus defensores enfrentan la teoría con los hechos. En la medida en que la atribución del apelativo 'científica' a una teoría necesita incluir ese tipo de consideraciones históricas, sociológicas, psicológicas, etc., como parece necesitarlo según el propio Popper, el criterio puramente lógico fracasa.

Así pues, debemos concluir que la falsabilidad lógica como criterio de demarcación no permite excluir al psicoanálisis, al marxismo y a la astrología, puesto que contienen hipótesis falsables (y de hecho, falsadas muchas de ellas). Y lo mismo podría decirse del creacionismo, del lisenkoísmo y de otras de las disciplinas o teorías que venimos mencionando. Si, no obstante, para excluirlas de la ciencia, Popper recurre a la actitud dogmática de sus defensores consistente en ignorar los falsadores potenciales, entonces son aplicables las críticas formuladas por Kuhn, Lakatos y Feyerabend en el sentido de que la ciencia tampoco está exenta de esta actitud dogmática y de que las maniobras inmunizadoras son practicadas también por los científicos. Las hipótesis *ad hoc* son empleadas con frecuencia en las ciencias, y hay principios fundamentales en todas las ciencias que los científicos no estarían dispuestos a considerar falsados bajo ningún concepto, como por ejemplo los principios de la termodinámica. Cuando Max Planck introdujo a la desesperada, como él mismo dijo, la idea del cuanto de acción para poder encajar los datos experimentales acerca de la energía de radiación de un cuerpo negro, dando así el primer paso de la teoría cuántica, afirmó expresamente que estaría dispuesto a abandonar ciertas cosas de la física clásica, pero que consideraba intocables los principios de la termodinámica. Como mucho podría decirse que el psicoanálisis o el marxismo han llevado estas prácticas al extremo, y en eso Popper quizá llevaría razón, pero este hecho hablaría más en contra de la actitud de sus defensores que en contra de las teorías que defienden. Con ello no se marca además una diferencia capaz de definir a la ciencia, pues no tenemos una indicación precisa de a partir de qué momento los intentos de inmunización dejan de ser científicos para pasar a ser pseudocientíficos. No cabe entonces establecer sobre esta base ninguna distinción cualitativa.

Lo que hace más científica a la teoría de la relatividad que al psicoanálisis no es que la primera tenga consecuencias contrastables y la segunda no. La diferencia viene dada por una multiplicidad de factores. Entre ellos está el que, dado que la primera posee mayor rigor experimental y metodológico, mayor precisión, mayor simplicidad, mayor grado de formalización y sistematización y mayor poder predictivo, el choque con los hechos puede afectarla más profundamente que a la segunda. Indudablemente, también cuentan como factores importantes la actitud de los defensores de ambas teorías, más crítica en el caso de la teoría de la relatividad; así como el carácter abierto y público que presenta la teoría de la relatividad en su concreción institucional (universida-

des, laboratorios, etc.) frente al carácter privado y en ocasiones hasta sectario que presenta el psicoanálisis (asociaciones psicoanalíticas nacionales, escuelas psicoanalíticas, etc.). Pero nada de esto establece una diferencia absoluta entre las dos teorías. La actitud crítica y la actitud dogmática no son exclusivas de nadie. La actitud crítica está presente también en el psicoanálisis, el marxismo e incluso en la astrología, y la actitud dogmática se da en las ciencias establecidas.

5. LA PROGRESIVIDAD DE LOS PROGRAMAS DE INVESTIGACIÓN COMO CRITERIO DE DEMARCACIÓN

En 1968 Imre Lakatos propuso un nuevo criterio de demarcación de inspiración popperiana —la *progresividad de los programas de investigación*— que intentaba superar las deficiencias encontradas por los críticos en el de Popper. Pero el criterio de Lakatos presenta una diferencia fundamental con los anteriores. La verificabilidad, la confirmabilidad y la falsabilidad son criterios *lógicos* de demarcación; se basan en la relación lógica que mantienen unos enunciados (los enunciados teóricos, las hipótesis) con otros (los enunciados observacionales, los enunciados básicos). El criterio de Lakatos, en cambio, incluye expresamente elementos *históricos* que no pueden ser reducidos a la pura lógica.

Según Lakatos, el criterio de falsabilidad de Popper es desmentido por la historia de la ciencia, entre otras razones porque ofrece una imagen errónea de la investigación científica en dos puntos cruciales. En primer lugar, Popper presentaba toda contrastación empírica como una confrontación bilateral entre una teoría y un experimento. En segundo lugar, el único resultado interesante de esa confrontación era la falsación de la teoría. Lakatos sugiere que, en lugar de esto, la historia muestra que toda contrastación empírica es al menos una confrontación trilateral entre dos teorías rivales y un experimento, y además, el resultado más interesante de estas confrontaciones es en muchas ocasiones la confirmación de una teoría (cfr. Lakatos, 1983, pág. 45).

Con respecto a lo primero, Lakatos sigue a Kuhn al sostener que una teoría no es nunca puesta seriamente en cuestión, y mucho menos abandonada a causa de un experimento en su contra, a no ser que esté disponible otra teoría mejor que pueda sustituirla: «No hay falsación sin la emergencia de una teoría mejor» (Lakatos, 1983, pág. 50). Popper había reconocido que en la mayoría de los casos, antes de refutar una hipótesis tenemos otra en reserva, pero Lakatos va más allá: es *necesario* que tengamos otra en reserva, si no la teoría no es considerada como falsada a pesar de los hechos que pueda tener en su contra. Siendo esto así, la falsación no puede reducirse entonces a la cuestión lógica de si una teoría entra en conflicto con enunciados básicos aceptados, sino que se transforma en una cuestión histórica que debe tomar en consideración cuáles son las teorías rivales a otra en un momento dado. Para que una teoría resulte falsada es condición indispensable, por tanto, que haya otra teoría mejor que poner en su lugar. Por una teoría mejor entiende Lakatos en este contexto una teoría que:

1. posea un exceso de contenido empírico en relación con la que se pretende falsar, es decir, que sea capaz de hacer predicciones nuevas;
2. explique todos los hechos que explica ésta; y
3. vea corroborada empíricamente una parte al menos de este exceso de contenido empírico.

Con ello pasamos al segundo punto de discrepancia mencionado. Hay que decir antes de nada que Lakatos no es muy justo con Popper al afirmar que éste sólo considera interesantes las falsaciones. Aunque es cierto que Popper se expresa en ocasiones de ese modo (cfr. Popper, 1974, pág. 991), en el próximo capítulo veremos que también sostiene que no hay progreso científico sin la verificación de algunas predicciones nuevas hechas por las teorías que reemplazan a las anteriores. Lo que en última instancia quiere decir Lakatos es que la ciencia no progresa buscando falsar las teorías aceptadas, por la sencilla razón de que no puede esperar en muchas ocasiones a que eso ocurra. Para que se produzca un cambio de teorías no hace falta que se efectúe de hecho una falsación, basta con que aparezca otra teoría nueva con un excedente de contenido empírico corroborado. Podríamos decir que no hay falsación sin la aparición de una teoría mejor, pero una vez que hay propuesta una teoría mejor, la falsación de la anterior ya no es necesaria para que los científicos opten por el cambio.

Por eso Lakatos subraya que para su metodología, el *falsacionismo sofisticado*, lo importante no es la falsación en el sentido popperiano, sino la proliferación de teorías rivales con un contenido mayor que el de la teoría vigente, así como la corroboración de dicho contenido adicional. Éste es el motivo de que los experimentos que confirman las predicciones nuevas de una teoría rival interesen y ocupen a los científicos mucho más que los experimentos refutadores de las teorías aceptadas. Incluso en el caso de que estas nuevas predicciones corroboradas no sean incompatibles con la teoría anterior (esto es, no den lugar a enunciados falsadores de la misma), dicha teoría se verá forzada a desarrollar una explicación *ad hoc* de los nuevos fenómenos predichos, con lo que se pondrá en evidencia su debilidad frente a la nueva teoría. Así, por ejemplo, la mecánica relativista de Einstein no sustituyó a la mecánica newtoniana porque ésta fuera refutada. Ni el problema del perihelio de Mercurio ni los resultados negativos del experimento de Michelson y Morley para detectar el movimiento de la Tierra en el éter fueron considerados por los físicos como contraejemplos refutadores de la teoría newtoniana. La teoría de Einstein sustituyó a la de Newton porque era mejor que ésta en el sentido descrito. No sólo explicaba todo lo que explicaba la de Newton, sino que resolvía algunas anomalías, como las dos que acabamos de citar, e hizo predicciones novedosas que se cumplieron, como la curvatura de la luz en campos gravitatorios (cfr. Lakatos, 1983, pág. 56).

Por otra parte, Lakatos piensa que la regla metodológica básica implicada en el criterio popperiano de demarcación es demasiado estricta. Recordemos que según dicha regla el científico debe especificar de antemano en qué condiciones experimentales estaría dispuesto a abandonar sus supuestos más fundamentales. Esta estrategia de «cartas sobre la mesa», como alguien la ha llamado, es tan exigente que si la tomamos al pie de la letra, los psicoanalistas, los mar-

xistas o los seguidores de cualquier pseudociencia no serían los únicos en incumplirla. También la incumplirían los científicos más pulcros. «¿Qué clase de observaciones —escribe Lakatos— refutaría, a la entera satisfacción del newtoniano, no simplemente una explicación newtoniana particular, sino la misma dinámica newtoniana y la teoría gravitacional? ¿Han discutido o acordado los newtonianos en alguna ocasión tales criterios? Difícilmente sería capaz el newtoniano de dar una respuesta positiva» (Lakatos, 1983, pág. 163).

Lakatos nos transmite una experiencia personal que desmiente el uso de esta regla metodológica por parte de los científicos:

Recuerdo, cuando retorno a mis días de popperiano, que solía hacerles a marxistas y freudianos la siguiente pregunta: «Dígame, ¿qué acontecimiento histórico o social específico habría de ocurrir para que usted abandonara el marxismo?» Recuerdo que esto venía acompañado habitualmente de un silencio pasmado o de confusión. Yo, sin embargo, estaba encantado con el efecto.

Mucho después hice la misma pregunta a un científico eminente, el cual no pudo dar ninguna respuesta, porque dijo: «por supuesto que siempre surgen anomalías, pero tarde o temprano siempre las resolvemos de alguna manera» (Lakatos, 1999, pág. 26).

Los científicos son, después de todo, personas normales y es lógico que no sigan los preceptos de ese ascetismo racional que Popper les presenta. Como a todos, les gusta tener razón; y les llena de satisfacción que sus ideas, las hipótesis y teorías que tanto les ha costado construir, se vean corroboradas por la experiencia, en lugar de refutadas. Es sumamente improbable que un científico tenga como meta principal de su trabajo la refutación de la teoría en la que cree. Por el contrario, lo normal es que los científicos trabajen para desarrollar y consolidar las teorías que consideran mejores, o, a lo sumo, para refutar las teorías de la competencia. Y si se dedican a esto último, lo hacen apoyándose en una teoría que defienden en la medida en que pueden.

Pero no es esto todo lo que Lakatos tiene que objetar al criterio de Popper. No se trata sólo de que la falsación no sea una condición necesaria para que una teoría sea sustituida por otra y, por ende, para que pueda haber progreso científico; es que además la falsación, como explicamos cuando presentamos las críticas formuladas contra ella, no es siquiera una condición suficiente para que una teoría sea abandonada y eliminada. El criterio de Popper ignora, según Lakatos, la gran tenacidad de las teorías científicas frente a los intentos de refutación. «Los científicos tienen la piel gruesa» (Lakatos, 1983, pág. 12). La crítica no destruye ni debe destruir con la rapidez que Popper afirma.

Para ilustrar esto, Lakatos construye un ejemplo artificial pero muy efectivo por su plausibilidad inicial. El lector puede interpretarlo como lo que habría podido suceder si no se hubiera confirmado la predicción realizada a mediados del siglo XIX por los astrónomos J. C. Adams y U. Leverrier de que la anomalía encontrada en la órbita del planeta Urano debía estar causada por la existencia de un planeta desconocido (el que hoy conocemos como Neptuno). El ejemplo

trata de mostrar que los científicos tienen siempre a mano proceder de una forma que el falsacionista dogmático condenaría como pseudocientífica. Dice así:

Un físico de la era preeinsteiniana combina la mecánica de Newton y su ley de la gravitación (N) con las condiciones iniciales aceptadas (I) y calcula mediante ellas la ruta de un pequeño planeta que acaba de descubrirse, p. Pero el planeta se desvía de la ruta prevista. ¿Considera nuestro físico que la desviación estaba prohibida por la teoría de Newton y que, por ello, una vez confirmada tal ruta queda refutada la teoría N? No. Sugiere que debe existir un planeta hasta ahora desconocido, p', que perturba la ruta de p. Calcula la masa, órbita, etc., de ese planeta hipotético y pide a un astrónomo experimental que contraste su hipótesis. El planeta p' es tan pequeño que ni los mayores telescopios existentes podrían observarlo: el astrónomo experimental solicita una ayuda a la investigación para construir uno aún mayor. Tres años después el nuevo telescopio ya está disponible. Si se descubriera el planeta desconocido p', ello sería proclamado como una nueva victoria de la ciencia newtoniana. Pero no sucede así. ¿Abandona nuestro científico la teoría de Newton y sus ideas sobre el planeta perturbador? No. Sugiere que una nube de polvo cósmico nos oculta el planeta. Calcula la situación y propiedades de la nube y solicita una ayuda a la investigación para enviar un satélite con objeto de contrastar sus cálculos. Si los instrumentos del satélite (posiblemente nuevos, fundamentados en una teoría poco contrastada) registraran la existencia de la nube conjeturada, el resultado sería pregonado como una gran victoria de la ciencia newtoniana. Pero no se descubre la nube. ¿Abandona nuestro científico la teoría de Newton junto con la idea de un planeta perturbador y la nube que lo oculta? No. Sugiere que existe un campo magnético en esa región del universo que inutilizó los instrumentos del satélite. Se envía un nuevo satélite. Si se encontrara el campo magnético, los newtonianos celebrarían una victoria sensacional. Pero ello no sucede. ¿Se considera este hecho una refutación de la ciencia newtoniana? No. O bien se propone otra ingeniosa hipótesis auxiliar o bien... todo la historia queda enterrada en los polvorientos volúmenes de las revistas, y nunca vuelve a ser mencionada (Lakatos, 1983, págs. 27-28).

Podrían encontrarse fácilmente ejemplos reales en la historia de la ciencia de esta actitud de protección mediante hipótesis *ad hoc*. Antes mencionábamos el caso del modelo atómico de Bohr. Un caso histórico que, sin llegar a formar una cadena tan larga de hipótesis auxiliares protectoras como la que Lakatos describe, exhibe una conducta similar es el de la reacción de H. A. Lorentz y G. E. FitzGerald ante los resultados contrarios al esperado movimiento de la Tierra en el éter obtenidos por Michelson y Morley. Ambos autores propusieron como hipótesis *ad hoc* algo que luego se deduciría como una consecuencia lógica de los postulados de la teoría de la relatividad. Supusieron que los cuerpos (y, por tanto, los brazos del interferómetro usado por Michelson y Morley) se acortan en la dirección del movimiento en un factor $\sqrt{1-v^2/c^2}$, donde v es la velocidad del cuerpo y c la velocidad de la luz. Piénsese también en la hipótesis más reciente de la existencia de una gran cantidad de «materia oscura» en el universo para explicar ciertos efectos sobre las órbitas de las estrellas y el movimiento de las galaxias; hipótesis que tendría el beneficio añadido de explicar

por qué la densidad del universo, según se desprende de los datos de que se dispone, es mucho menor que la exigida por algunos modelos teóricos.

Como superación de todos estos problemas que surgen inevitablemente en el falsacionismo popperiano, Lakatos propone su sustitución por una nueva metodología: la *metodología de los programas de investigación científica*. En ella la unidad básica de evaluación en la ciencia no son los enunciados ni las teorías aisladas, sino los *programas de investigación*. Un programa de investigación científica es una serie de teorías estrechamente relacionadas entre sí. En el próximo capítulo estudiaremos con más detalle sus componentes básicos.

El criterio para evaluar los programas de investigación científica se centra en el progreso o el estancamiento interno de dichos programas. Todo programa de investigación es o bien *progresivo* o bien *regresivo*. Un programa es progresivo si es tanto teórica como empíricamente progresivo, y es regresivo o degenerativo en caso contrario. Que sea *teóricamente* progresivo significa que cada modificación teórica dentro de él conduce a predicciones de hechos nuevos e inesperados; que sea *empíricamente* progresivo significa que al menos algunas de tales predicciones resultan corroboradas (cfr. Lakatos, 1983, pág. 230). Cuando un programa no ofrece predicciones de hechos nuevos y se limita a fabricar hipótesis *ad hoc* para acomodar hechos ya conocidos o predichos por otros programas rivales, o cuando un programa hace descubrimientos puramente casuales, o predice hechos nuevos pero estas predicciones resultan ser falsas, entonces se trata de un programa regresivo o degenerativo. En tal caso, el programa es superado por algún programa rival y puede ser abandonado.

Puesto que los programas de investigación científica son series históricas de teorías interconectadas, su evaluación ha de realizarse sobre largos períodos de tiempo. La progresividad o regresividad de un programa de investigación no es un asunto que se pueda dirimir contemplando el estado de dicho programa en un momento puntual de su historia. Un programa progresivo puede pasar por periodos degenerativos de los que vuelve a recuperarse.

Con este bagaje estamos en condiciones de responder a la pregunta de cómo delimitar entre ciencia y pseudociencia. Según Lakatos, un programa de investigación es pseudocientífico si y sólo si no es un programa progresivo. De este modo, el problema de la demarcación se reduce a distinguir entre programas de investigación progresivos y programas de investigación regresivos. La metafísica puede formar parte, y de hecho normalmente forma parte, de la ciencia (o sea, de programas progresivos). Pero un programa regresivo, contenga o no elementos metafísicos, no puede ser considerado como científico.

Los ejemplos que Lakatos cita de programas pseudocientíficos son fundamentalmente los mismos que despertaban los celos de Popper: el marxismo y el psicoanálisis. Con respecto al primero, en un pasaje que podría haber firmado el propio Popper, se pregunta:

¿Alguna vez ha predicho el marxismo con éxito algún hecho nuevo?
Nunca. Tiene algunas famosas predicciones que no se cumplieron. Predijo el

empobrecimiento absoluto de la clase trabajadora. Predijo que la primera revolución socialista sucedería en la sociedad industrial más desarrollada. Predijo que las sociedades socialistas estarían libres de revoluciones. Predijo que no existirían conflictos de intereses entre países socialistas. Por tanto, las primeras predicciones del marxismo eran audaces y sorprendentes, pero fracasaron. Los marxistas explicaron todos los fracasos: explicaron la elevación de niveles de vida de la clase trabajadora creando una teoría del imperialismo; incluso explicaron las razones por las que la primera revolución socialista se habría producido en un país industrialmente atrasado como Rusia. «Explicaron» los acontecimientos de Berlín en 1953, Budapest en 1956 y Praga en 1968. «Explicaron» el conflicto ruso-chino. Pero todas sus hipótesis auxiliares fueron manufacturadas tras los acontecimientos para proteger a la teoría de los hechos. El programa newtoniano originó hechos nuevos; el programa marxista se retrasó con relación a los hechos y desde entonces ha estado corriendo para alcanzarlos (Lakatos, 1983, pág. 15).

Como era de esperar por todo lo que llevamos dicho, también el criterio de demarcación de Lakatos se vio envuelto en dificultades que lo mostraron como inoperante. Desgraciadamente, Lakatos murió repentinamente en 1974, a la edad de cincuenta y un años (había nacido en 1922), y no pudo darles cumplida respuesta. La objeción principal fue ya formulada por Richard Hall en 1970 y desarrollada por Feyerabend en 1975 (cfr. Hall, 1982 y Feyerabend, 1981, capítulo 16). Según Lakatos, un programa de investigación puede pasar por largas fases degenerativas para volver a tornarse progresivo después, como fue el caso del atomismo, que pasó por una fase degenerativa de varios siglos. «Resulta muy difícil —escribe— decidir cuándo un programa de investigación ha degenerado sin remisión posible, si no se exige que exista progreso en cada paso; o cuándo uno de los programas rivales ha conseguido una ventaja decisiva sobre otro» (Lakatos, 1983, pág. 193). Por eso, sólo podemos juzgar sobre la racionalidad de un cambio científico cuando éste ya hace tiempo que ha pasado, «sólo *ex-post* podemos ser 'sabios'» (Lakatos, 1983, pág. 148). Ahora bien, si esto es así, es perfectamente racional la conducta de un científico que se mantenga fiel al programa degenerativo en la esperanza de que los malos tiempos terminen alguna vez. Pero también es racional la conducta del científico que abandona dicho programa y se adhiere a otro que presente en ese momento un carácter progresivo. Lo cual significa que la metodología de los programas de investigación carece de valor normativo para delimitar lo que es ciencia de lo que no lo es, porque el científico estará legitimado tome la opción que tome. Dicho de otro modo, nunca se podría calificar de pseudocientífica una teoría porque nunca se puede estar seguro de que un programa de investigación regresivo no cambiará su suerte y se volverá progresivo. En opinión de Feyerabend, la metodología de Lakatos, llevada a sus consecuencias finales, conduce, aunque Lakatos no lo quisiera, al «todo vale». Es un «caballo de Troya» que, por conservar aún su apego a la razón, puede utilizarse para hacer pasar escondido un anarquismo epistemológico en toda regla. No es de extrañar que Feyerabend le dedicara a Lakatos su *Against Method*, con el comentario «amigo y camarada anarquista».

6. ¿QUÉ CONCLUIR PESE A TODO?

Las reacciones ante este fracaso reiterado de los sucesivos criterios de demarcación han sido diversas. Algunos, como Feyerabend, han negado que exista algún tipo de distinción relevante desde el punto de vista del conocimiento entre la ciencia y la no-ciencia. Feyerabend compara la ciencia con el mito, con el pensamiento mágico, con el arte, con la filosofía, y no encuentra razones para concederle ningún tipo de privilegio epistemológico, y mucho menos político, social o académico. Por otra parte, desde la sociología de la ciencia la demarcación se considera como una cuestión puramente convencional. Es la propia comunidad científica la que decide tácitamente en función de sus intereses y de sus tradiciones institucionales lo que debe ser considerado como científico y lo que no. Sin que ello implique que todo lo que recibe el marchamo de científico comparta un conjunto de características comunes. No hay nada que pueda ser considerado como un rasgo distintivo de la ciencia, excepto el estar enmarcada dentro del marco institucional de lo que socialmente se admite como ciencia. Otros, como el autor de estas páginas, prefieren ser más moderados. El que no quepa una distinción tajante e intemporal entre ciencia y no ciencia no significa para ellos que no quepa ninguna distinción en absoluto, o que ésta sea puramente convencional. Estamos más bien ante una cuestión gradual y contextual en la que es imposible trazar una frontera definida, pero en la que pueden determinarse una serie de rasgos que, sin ser condiciones imprescindibles, ayudan a cualificar como más o menos científica a una teoría. Entre estos rasgos característicos algunos de los más significativos serían el rigor conceptual, la exactitud, el apoyo en los hechos, la intersubjetividad, la contrastabilidad y revisabilidad, la coherencia con otras teorías científicas aceptadas, la capacidad predictiva, y la capacidad de progreso.

De forma análoga, se pueden detectar ciertos rasgos que parecen extendidos entre las pseudociencias, aunque tampoco deban considerarse condiciones definitorias de las mismas. He aquí los que destaca Raimo Tuomela (1985, páginas 228-229):

1. Las pseudociencias descansan a menudo en una ontología oscura, una epistemología basada en la autoridad o en capacidades paranormales, y una actitud dogmática ante las críticas.
2. Rehúyen el pensamiento exacto lógico-matemático.
3. Sus hipótesis y teorías son imposibles de contrastar o están poco apoyadas en los hechos y en otras teorías.
4. Sus hipótesis y teorías no cambian como consecuencia de la confrontación con cualquier tipo de evidencia.
5. Implican un pensamiento anacrónico que se retrotrae a teorías antiguas ya abandonadas.
6. Apelan con frecuencia a los mitos.
7. Los problemas que se plantean tienen a menudo una naturaleza práctica en lugar de teórica.

8. Sus métodos no les permiten corregirse a sí mismas ni comprobar las cosas de formas alternativas.
9. Constituyen un cuerpo de doctrina aislado de la ciencia de su tiempo.

Si nos atenemos a la posesión de los rasgos señalados como deseables para la ciencia o, por el contrario, a los señalados como comunes en las pseudociencias, podemos obtener una graduación de disciplinas en función de su científicidad. En el nivel más alto estarían la física y la química, mientras que en el más bajo posiblemente se situarían la astrología, la ufología, y el creacionismo. El psicoanálisis y el marxismo (en la medida en que todavía haya quien pretenda verlos como ciencias) estarían en posiciones intermedias, y probablemente sería imposible poner de acuerdo a todos acerca de si están más cerca de las primeras que de las segundas. La parapsicología, por el momento, estaría en mi opinión entre el psicoanálisis y la astrología. Y la homeopatía más abajo aún. Como puede apreciarse, no es necesario establecer ningún criterio de demarcación para formular este juicio porque precisamente no se ha hecho ninguna demarcación entre unas disciplinas y otras. Si queremos poner un listón, éste dependerá del contexto y variará con las personas. Si lo ponemos demasiado bajo, probablemente convenceremos a pocos de que nuestro juicio está bien formado, si lo ponemos demasiado alto correremos el riesgo de ser acusados de cientifistas dogmáticos. Lo más normal será situarlo en la zona intermedia. Pero esta zona es confusa y no se nos ofrece con una marca ya hecha. No seremos además igual de exigentes si se trata de decidir acerca de la financiación de una investigación con fondos públicos, acerca de incluir un tratamiento médico en la Seguridad Social, o acerca de admitir un testimonio en un juicio por asesinato. El listón subirá o bajará dependiendo de las consecuencias posibles de la decisión que se tome (cfr. Resnik, 2000).

La existencia de lo que se ha dado en llamar ‘ciencia patológica’ y ‘ciencia basura’ o, con el término popularizado por R. L. Park (2001), ‘ciencia vudú’, nos recuerda por otra parte que algunos de los rasgos que acabamos de atribuir a las pseudociencias han estado también presentes en diversos episodios de las ciencias más consolidadas. Baste citar el caso de los rayos-N de René Blondlot y el más reciente caso de la fusión fría, protagonizado por científicos de la Universidad de UTA. Hace pocos años, en una de las más prestigiosas revistas de física se criticaba la situación en el campo de la física de partículas elementales. La acusación era que en ella abundaban las hipótesis incontrastables y *ad hoc*, tales como la existencia de múltiples dimensiones en el universo (hasta 950 se han llegado a proponer), las afirmaciones sobre los primeros segundos después del Big Bang, el confinamiento de los *quarks*, las teorías de las supercuerdas, etc. (cfr. Oldershaw, 1988, citado por Selleri, 1994, págs. 219 y sigs.). Se habla incluso del surgimiento de una física especulativa en la que los métodos experimentales resultan inaplicables por el momento y no hay visos de contrastar las hipótesis propuestas.

La tendencia actual, como ha sugerido Laudan (1996, págs. 218-222), es la de dejar a un lado el problema de saber cuándo estamos ante una teoría científica —Laudan lo considera incluso un pseudoproblema— para averiguar en su

lugar cuándo estamos ante una buena teoría, es decir, ante una teoría fiable, fértil y bien fundada, sea o no científica.

En lo que sí parece haber amplio acuerdo es en que, se tracen donde se tracen las fronteras entre lo científico y lo no científico, no deben ser identificadas con las fronteras entre lo racional y lo irracional, o entre el conocimiento válido o fiable y el ámbito de lo impreciso, fútil o sin sentido. Lo más probable es que siempre encontremos a ambos lados de la línea modos útiles de conocer la realidad.

CAPÍTULO 5

Los modelos iniciales de cambio científico y el desafío relativista de Kuhn y Feyerabend

La ciencia progresa con una gran rapidez, según reconocía la famosa zarzuela en un lenguaje más castizo. Pocos están dispuestos a negar esto. El progreso rápido se ha convertido incluso en uno de los rasgos distintivos de la ciencia. Este progreso tiene su manifestación más notable para el gran público en el despliegue impresionante de la tecnología contemporánea. Pero el aspecto más relevante desde el punto de vista epistemológico es el del cambio de teorías. Popper pensaba que dar cuenta de este progreso era el problema fundamental de la epistemología. Una cuestión que ha interesado particularmente a los filósofos de la ciencia en este punto ha sido la de decidir si el cambio de teorías en la ciencia se debe exclusivamente a factores racionales, como la argumentación lógica y la apelación a la evidencia experimental, o por el contrario los factores «irracionales», tales como los intereses sociales y personales, o los factores económicos y políticos, son, al menos parcialmente, los motores del cambio de teorías en la ciencia. También se ha discutido si este cambio es gradual y evolutivo o abrupto y revolucionario. Asimismo un problema que lleva camino de convertirse él solo en una industria editorial es el de si las teorías científicas son o no incommensurables. Los defensores de la tesis de la incommensurabilidad, como Kuhn y Feyerabend, mantienen que no existen criterios objetivos y neutrales para comparar teorías científicas rivales. Esta cuestión está estrechamente relacionada con la de la racionalidad del cambio, pues si las teorías científicas rivales son incommensurables, los factores puramente racionales o relativos al contenido de las teorías no serán suficientes para determinar el abandono de una teoría y la aceptación de la otra.

Tanto la visión neopositivista del progreso científico como la popperiana fueron racionalistas en el sentido indicado. El cambio de teorías se efectúa en función de los dictados de la evidencia experimental, que se considera neutral y objetiva. Los científicos adoptan la teoría mejor a la luz de la dicha evidencia, y esta elección puede ser justificada acudiendo sólo a la argumentación lógica. Comenzaremos exponiendo estos dos modelos para pasar a continuación al desafío que para ambos supuso la nueva imagen de la ciencia elaborada por Kuhn y Feyerabend.

1. LA VISIÓN NEOPOSITIVISTA DEL CAMBIO CIENTÍFICO

Hemos expuesto ya algunos de los tópicos centrales que caracterizaron la visión neopositivista de la ciencia, particularmente las tesis de Carnap sobre la confirmabilidad de los enunciados científicos y el modelo de explicación de Hempel. El cuadro quedaría incompleto si no incluyéramos en él las ideas de Nagel sobre la reducción de teorías. Si en los dos primeros casos nos situamos en una visión estática de la ciencia, en este último el punto de vista es el dinámico. Se trata del modo en que, según el neopositivismo, se desarrolla la ciencia y unas teorías se incorporan en otras.

Para los neopositivistas la ciencia sigue un proceso acumulativo de desarrollo en el que las teorías, una vez confirmadas en grado suficiente, van quedando como sedimento permanente sobre el que se edifican otras teorías posteriores. En una ciencia madura, una teoría nueva no sustituye sin más a la anterior, sino que conserva lo que hay de verdad en ella, perfeccionándola, enriqueciéndola o extendiéndola. La teoría especial de la relatividad no elimina o invalida a la mecánica newtoniana, al contrario, la complementa y la conserva como caso particular en situaciones en las que las velocidades son muy bajas comparadas con la velocidad de la luz. Recordemos que para el neopositivismo, a medida que las teorías van teniendo en su haber más predicciones exitosas, van alcanzando un mayor grado de confirmación, de modo que la probabilidad de que sea verdadera en función de la evidencia disponible es cada vez más alta, siendo consecuentemente cada vez menor la probabilidad de que sea encontrada alguna vez como falsa. Esto implica que no hay propiamente cambio científico si por tal se entiende la sustitución de una teoría bien confirmada por otra que la contradice.

Ahora bien, parece fácil señalar casos históricos —como el cambio del sistema ptolemaico al copernicano— en los que una teoría fue sustituida por otra rival que explicaba mejor los fenómenos y que chocaba frontalmente con la teoría previamente aceptada. ¿Cómo se explica esto? La respuesta del neopositivista es simple: sólo en los estadios iniciales de una ciencia, o en los primeros momentos en los que una teoría es propuesta, cuando no pasa de ser una mera tentativa, puede ocurrir esta sustitución radical, que lleva aparejada una auténtica ruptura con la explicación de los fenómenos que proporcionaba la teoría que es sustituida (cfr. Suppe, 1979, págs. 74-77). La teoría que afirmaba que la

Tierra era el centro en torno al cual giraban el Sol y todos los planetas no pudo ser confirmada jamás. Si fue aceptada por los científicos y filósofos de la Antigüedad fue porque la ciencia se encontraba entonces en una etapa muy primitiva de su desarrollo y se aceptaban teorías sin ser convenientemente confirmadas. Su aceptación fue, pues, un error temporal en una fase de inmadurez.

En cambio, es muy improbable, y a efectos prácticos casi imposible, que las teorías bien confirmadas propias de las ciencias más desarrolladas se vean posteriormente refutadas *en el ámbito de los fenómenos para los que fueron inicialmente formuladas*. Un caso distinto es cuando una teoría ampliamente confirmada es extendida a ámbitos nuevos de fenómenos, alejados del ámbito para el que fue inicialmente propuesta, y fracasa en sus nuevas predicciones. Pero entonces lo que fracasa no es la teoría como tal, sino su extensión. Al aplicarse a un ámbito nuevo de fenómenos, la teoría debe introducir nuevas reglas de correspondencia que pongan en conexión los principios teóricos con la nueva base observacional. Pero, de acuerdo con la concepción neopositivista de las teorías (que las identifica con la conjunción de los principios teóricos sin interpretar y un determinado conjunto de reglas de correspondencia), cambiar éstas es tanto como cambiar de teoría. Por lo tanto, los fallos predictivos en el nuevo ámbito de fenómenos no desconfirman a la teoría inicial, sino a una nueva teoría relacionada con ella (cfr. Suppe, 1979, pág. 75).

Este proceso acumulativo de mejoramiento de teorías fue entendido por los neopositivistas principalmente como un proceso de *reducción de teorías*, es decir, como un proceso de integración de teorías en otras más amplias que las incluyen como casos límite. Corresponde a Ernest Nagel el mérito de haber desarrollado inicialmente este concepto (cfr. 1961, cap. 11). Una teoría queda reducida a otra cuando se puede mostrar que es consecuencia lógica de ella. Según Nagel, esta reducción puede darse de dos modos. El primero es el que menos problemas presenta, mientras que el segundo es más complejo. Dicho brevemente, lo que diferencia a uno de otro es que el primero consiste en una extensión de una teoría dentro de un mismo dominio de fenómenos mientras que en el segundo consiste en la incorporación de una teoría en otra más amplia aplicable inicialmente a otro dominio de fenómenos.

Es así como Nagel caracteriza al primero:

Una teoría puede formularse inicialmente para un tipo de fenómenos presentados por una clase de cuerpos restringida de algún modo, aunque posteriormente la teoría puede extenderse hasta cubrir también estos fenómenos cuando son manifestados por una clase más amplia de cosas (Nagel, 1961, pág. 338).

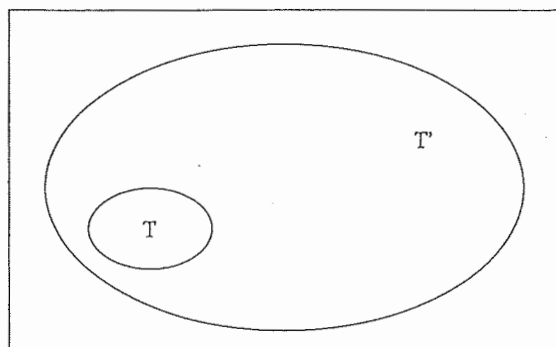
Como ejemplo de este tipo de reducción, que puede ser visualizado intuitivamente en la Figura 5.1, Nagel cita el caso de la mecánica clásica de partículas y la mecánica del sólido rígido. La mecánica de partículas fue desarrollada para explicar el movimiento de masas puntuales, sin considerar las dimensiones de los cuerpos. Sin embargo, con el tiempo hubo que considerar también los

movimientos especiales debidos a la dimensión de los cuerpos, como la rotación. La mecánica del sólido rígido se convirtió así en una extensión de la mecánica clásica de partículas, y, en tal sentido, la mecánica clásica de partículas se redujo a la mecánica del sólido rígido.

Figura 5.1.

UNA TEORÍA T ES EXTENDIDA A UNA CLASE MÁS AMPLIA
DE OBJETOS DENTRO DEL MISMO DOMINIO DE FENÓMENOS,
GENERÁNDOSE ASÍ T' . T SE REDUCE A T'

Dominio común de fenómenos



También puede valer como ejemplo de este tipo de reducción, según Nagel, la absorción de las leyes de Galileo sobre la caída libre por parte de la teoría de Newton, que abarcaba tanto los movimientos terrestres como los celestes. Éste es un caso del primer tipo de reducción porque, aunque en un principio los movimientos de los cuerpos terrestres y los de los cuerpos celestes (o los movimientos sublunares y supralunares, en la terminología de la física aristotélica) se consideraran fenómenos de naturaleza diferente, hasta el punto de que su estudio se atribuía a disciplinas distintas, no se precisan en realidad conceptos distintos para explicarlos. En concreto, la caída de una piedra desde cierta altura y el movimiento de la Luna en torno a la Tierra son ejemplos de movimientos gravitatorios debidos a la masa de la Tierra.

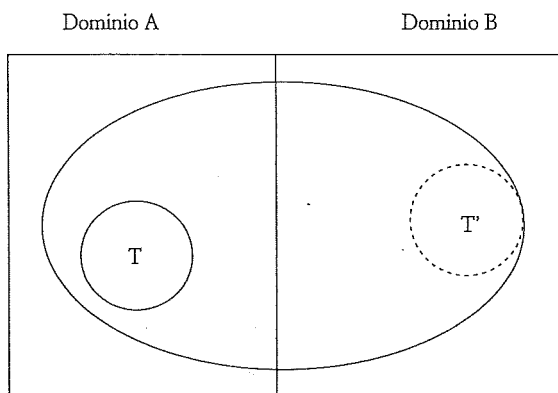
Lo peculiar de este tipo de reducciones es que ambas teorías, la reductora y la reducida, emplean términos homogéneos que son utilizados en un sentido muy parecido en las dos. No hay, por tanto, dificultades adicionales debidas al significado de los términos para mostrar que la teoría reducida puede ser *deducida* de la teoría reductora.

El segundo caso de reducción sí ofrece este tipo de dificultades. En este segundo caso, la teoría reductora y la teoría reducida fueron formuladas en un primer momento para abarcar dominios cualitativamente distintos de fenóme-

nos. Debido a ello, el vocabulario de ambas teorías puede ser muy distante; algunos de los términos de una pueden ser peculiares y estar ausente en la otra. Esto obliga a realizar algún tipo de conexión o traducción entre los términos de una y otra teoría. Una conexión que frecuentemente resulta sorprendente e inesperada. Nagel afirma que el primer tipo de reducción puede ser considerado como un caso especial de este segundo tipo. En las dos modalidades una teoría queda reducida o incorporada a otra, sin embargo, en el segundo caso los vocabularios de ambas ya no son homogéneos debido a que los fenómenos a los que se aplicaron inicialmente eran distintos. Podríamos representar esta reducción del modo en que se esquematiza en la Figura 5.2.

Figura 5.2.

T y T' SON TEORÍAS FORMULADAS INICIALMENTE PARA DOMINIOS DIFERENTES DE FENÓMENOS, PERO CON EL DESARROLLO ULTERIOR DE T', LA TEORÍA T ES INCORPORADA A LA MISMA, DE MODO QUE SE PONE DE MANIFIESTO UNA CONEXIÓN DESCONOCIDA ENTRE AMBOS DOMINIOS DE FENÓMENOS



El ejemplo que Nagel cita como ilustración de este segundo tipo de reducción es la incorporación de la termodinámica a la mecánica estadística. La termodinámica es la teoría que estudia las relaciones entre el calor y el trabajo en los sistemas físicos. La mecánica estadística, basándose en el hecho de que el número de moléculas de un sistema es muy grande, predice el comportamiento de las propiedades macroscópicas del sistema en función del comportamiento estadístico de las moléculas que lo componen. La termodinámica emplea en su vocabulario términos que son comunes también en la mecánica, como 'volumen', 'peso' y 'presión', pero posee términos propios que no son usados en la mecánica, como 'temperatura', 'calor' o 'entropía'. Durante el siglo XIX, los trabajos de James Clerk Maxwell y Ludwig Boltzmann mostraron que la ley de Boyle-Charles, una ley termodinámica que pone en conexión la presión el volumen y la temperatura de un gas (en concreto, la ley se formula así: $pV = kT$,

donde p es la presión, V el volumen, T la temperatura y k una constante), podía ser derivada a partir de supuestos mecánicos acerca del comportamiento de las moléculas de los gases ideales. Como apunta Nagel, un paso fundamental en este proceso de reducción fue la interpretación realizada por Boltzmann en 1877 del segundo principio de la termodinámica en términos del comportamiento estadístico de las moléculas. Unos años antes, en 1867, Maxwell había ya sugerido que el segundo principio de la termodinámica debía interpretarse como una ley estadística que describía el comportamiento de un gran número de moléculas, pero no desarrolló una formulación precisa del mismo en función de esta idea. Fue Boltzmann quien lo hizo. Mostró que la entropía de un sistema es proporcional al logaritmo del número de posibles distribuciones moleculares correspondientes a un estado de ese sistema ($S = k \log W$). El segundo principio de la termodinámica quedaba reducido con esto a conceptos puramente mecánicos.

Como venimos diciendo, en este segundo tipo de reducción, las leyes de una teoría contienen términos que no aparecen en las leyes de la otra. Esto hace que la derivación lógica de una de ellas a partir de la otra no se pueda llevar a cabo sin más. Para poder afirmar que cabe la reducción en tal caso deben cumplirse, entre otras, dos condiciones formales adicionales:

1. *Condición de conectabilidad*: Hay que introducir supuestos nuevos que postulen relaciones entre el significado de los términos teóricos de una teoría y los de otra. Un ejemplo de ello es la definición de la temperatura de un cuerpo como la energía cinética media de las moléculas de dicho cuerpo.
2. *Condición de deducibilidad*: Con ayuda de esas suposiciones, las leyes de una teoría deben ser deducibles de las leyes de la otra.

A estas condiciones formales Nagel añade otras no formales. Entre ellas que la teoría reductora sea fértil en sugerencias para desarrollar la teoría reducida, de modo que pueda ser aumentada o corregida, y que ambas teorías pertenezcan a disciplinas que estén en un nivel comparable de madurez, ya que en caso contrario, los intentos de reducción pueden distraer energías de tareas más urgentes. En el momento actual, dice Nagel, carecería de sentido intentar reducir la teoría de la evolución a la teoría cuántica.

Resumiendo lo dicho hasta aquí, la imagen del progreso científico ofrecida por el neopositivismo es la de una acumulación de teorías bien confirmadas que van siendo enriquecidas y extendidas hasta abarcar cada vez más casos nuevos. Esta imagen presupone dos ideas que han sido muy cuestionadas por los filósofos de la ciencia posteriores, a saber, que las teorías científicas bien confirmadas son prácticamente inmunes a la desconfirmación posterior, al menos en su propio ámbito de fenómenos, y que el significado de los términos de una teoría no cambia al ser extendida o al ser incorporada en otra teoría más amplia, o que si cambia, puede encontrarse una traducción neutral y no problemática entre ellos.

2. CONJETURAS Y REFUTACIONES: EL CAMBIO CIENTÍFICO SEGÚN KARL POPPER

El modelo de cambio científico que propone el neopositivismo es un modelo racionalista, en el sentido peculiar de que atribuye a la ciencia una finalidad bien definida y justificable (el logro de teorías bien confirmadas cada vez más amplias) y considera que hay procedimientos racionales, como puede ser la lógica inductiva, para determinar en qué medida se alcanza ese objetivo. Además, es un modelo racionalista en el sentido de que los únicos factores que se tienen en cuenta para la evaluación de las teorías son factores internos, es decir, factores que atañen sólo al contenido de las teorías y su relación con la evidencia empírica. Estos factores son básicamente el apoyo inductivo que tenga la teoría en los datos observacionales y su capacidad para reducir algunas teorías anteriores (cfr. Newton-Smith, 1987, cap. 1). El modelo de cambio científico propuesto por Karl Popper, aunque muy diferente de éste, es también un modelo racionalista¹. De hecho, él mismo calificaba su filosofía de 'racionalismo crítico'.

Uno de sus discípulos más destacados, Hans Albert, ha caracterizado dicho racionalismo crítico mediante tres rasgos relacionados entre sí: un falibilismo

¹ Puede ser de utilidad relacionar algunos rasgos que acercan a Popper y al positivismo lógico y otros que los separan:

Comparten:

- a) La lógica formal como herramienta de análisis de la ciencia.
- b) La filosofía de la ciencia se ocupa sólo de contexto de justificación, no del contexto de descubrimiento.
- c) Es posible trazar un criterio de demarcación entre ciencia y no-ciencia.
- d) Empirismo: la experiencia es la única que puede dirimir la verdad o falsedad de los enunciados fácticos.
- e) Racionalismo: los criterios para la evaluación de teorías son exclusivamente internos.
- f) El significado de los términos científicos no cambia necesariamente al pasar de una teoría a otra.
- g) La historia de la ciencia no es relevante para contrastar teorías en filosofía de la ciencia.
- h) Las ciencias naturales son un modelo metodológico para las sociales.

Sin embargo, Popper discrepa del positivismo lógico al sostener que:

- a) La filosofía de la ciencia debe centrarse en el problema del desarrollo del conocimiento y no tanto en el de la estructura de las teorías.
- b) No hay criterio de sentido empírico. La metafísica no carece de sentido.
- c) La ciencia no procede inductivamente. No se pueden verificar o confirmar las teorías científicas, sino sólo falsarlas.
- d) Toda observación está cargada de teoría. La base empírica no proporciona un fundamento sólido a la ciencia.
- e) La ciencia no progresa en un proceso acumulativo, sino mediante sustitución de las teorías falsadas por otras mejores.
- f) Las teorías científicas deben interpretarse de manera realista, es decir, como más o menos próximas a la verdad. La verdad debe ser entendida como la correspondencia entre las teorías y el mundo.

consecuente, un racionalismo metodológico y un realismo crítico (cfr. Albert, 1982, págs. 184-186). El *falibilismo consecuente* consiste en separar con rotundidad la verdad y la certeza. El conocimiento humano, incluida la ciencia, es falible; es susceptible de error. Puede aspirarse a un conocimiento crecientemente verdadero sin tener que asumir que poseemos fundamentos seguros que garanticen su verdad más allá de toda duda. Podemos buscar la verdad sin necesidad de contar con la certeza. Dicho de otro modo, el hecho de que nuestro conocimiento pueda ser puesto siempre en duda no impide que podamos afirmar que nos hemos acercado algo más a la verdad que con las teorías anteriores. El *racionalismo metodológico* se cifra en la tesis de que, si bien el conocimiento no puede fundamentarse racionalmente más allá de toda duda, sí puede criticarse racionalmente sin límites. La crítica racional permite corregir los errores detectados y comparar las alternativas teóricas disponibles. La razón no es, pues, una base sobre la que edificar certezas, sino un instrumento para eliminar el error. Finalmente, el *realismo crítico* sostiene que existe una realidad independiente del sujeto cognoscente y que la ciencia intenta conocerla tal y como es en sí misma.

Es evidente que el racionalismo crítico no debe ser confundido con el racionalismo clásico. Popper cree que tanto el racionalismo clásico como el empirismo están equivocados, aunque él mismo se considera una mezcla de racionalista y empirista (cfr. Popper, 2002, pág. 5). El error de ambas escuelas filosóficas está en no distinguir entre el problema del origen del conocimiento y el problema de su validez. La pregunta de la que parten es, según Popper, más o menos ésta: «¿Cuáles son las mejores fuentes de nuestro conocimiento —las más fiables, las que no nos conducirán al error, aquéllas a las que podemos y debemos volver, en caso de duda, como tribunal último de apelación?» Como es sabido, el racionalismo contesta a esta pregunta propugnando como fuente ideal de conocimiento a la razón, mientras que el empirismo contesta con la experiencia. Popper piensa, sin embargo, que no existen fuentes ideales de conocimiento, del mismo modo que no existen gobernantes ideales, y que todas las fuentes pueden llevarnos al error. Por eso propone reemplazar la pregunta anterior por otra diferente: «¿Cómo podemos confiar en detectar y eliminar el error?» (Popper, 2002, pág. 33). Su filosofía de la ciencia, y su epistemología en general, puede ser considerada como un intento de contestar a esa pregunta. El racionalismo crítico se resume justamente en la tesis de que lo que importa no es justificar o fundamentar nuestro conocimiento en unas fuentes seguras y últimas, sino examinarlo críticamente para eliminar el error lo antes posible. Éstas son sus palabras:

La respuesta adecuada a mi pregunta '¿Cómo podemos confiar en detectar y eliminar el error?' es, según creo, esta: '*Criticando* las teorías o suposiciones de los otros y, si podemos adiestrarnos para hacerlo, *criticando* nuestras propias teorías y suposiciones. [...] Esta respuesta resume una posición que propongo denominar 'racionalismo crítico'. [...] De modo que mi respuesta a las preguntas '¿Cómo lo sabe? ¿Cuál es la fuente o la base de su afirmación? ¿Qué observaciones le han llevado hasta ella?', sería: 'Yo *no* lo sé: mi afirma-

ción era meramente una suposición. No importa la fuente o las fuentes de donde pueda haber surgido; hay muchas fuentes posibles y puedo no tener conciencia de la mitad de ellas. Además, los orígenes o pedigríes tienen poco que ver con la verdad. Pero si está interesado en el problema que he querido resolver con mi afirmación tentativa, puede ayudarme criticándola tan severamente como pueda; y si puede diseñar algún experimento que crea que podría refutar mi afirmación, le ayudaré gustosamente y con mis mejores medios a refutarla' (Popper, 2002, págs. 34-35).

Hemos dicho que Popper se consideraba a sí mismo como una mezcla de racionalista y de empirista, pero ¿en qué sentido era cada cosa? Popper se veía a sí mismo como racionalista en la medida en que pensaba que las teorías son producidas activamente por nuestra mente en un proceso creativo, y no las recibimos pasivamente a través de la experiencia. La experiencia, por sí sola, no puede proporcionar todos los elementos necesarios para formular una teoría explicativa y general. Cualquier teoría trasciende lo que puede ser obtenido mediante la experiencia. También era un racionalista porque, como acabamos de explicar, pensaba que la razón, mediante la crítica severa de nuestras teorías, es el instrumento fundamental para el avance de los conocimientos. Pero Popper mantiene del empirismo la idea central de que sólo la experiencia puede decir qué enunciados acerca del mundo son verdaderos y cuáles son falsos. Popper combina estos dos aspectos en el *principio del racionalismo crítico*. Este principio exige que «nuestra aceptación o rechazo de teorías científicas dependan de nuestro razonamiento crítico (combinado con los resultados de la observación y el experimento)» (Popper, 1985b, pág. 72).

De acuerdo con todo ello, Popper elaboró una teoría del cambio científico que difería en puntos sustanciales de la neopositivista. Rechazó de plano la concepción acumulativa del progreso científico que ésta implicaba. La ciencia no avanza porque vaya edificando unas teorías sobre otras, en un proceso de extensión o de incorporación en el que siempre se descansa sobre un sedimento permanente. La ciencia avanza porque las viejas teorías van quedando falsadas y son sustituidas por otras que las contradicen en muchos puntos. La mecánica newtoniana quedó falsada en su momento y fue reemplazada por una teoría, la mecánica relativista, que hace afirmaciones sobre el mundo incompatibles con la primera. A su vez, la mecánica galileano-newtoniana había significado la falsación de la mecánica aristotélica, a la que había reemplazado como explicación de los movimientos de los cuerpos. La ciencia progresa tan rápidamente debido a que se encuentra en un estado de *revolución permanente*. Las teorías científicas son conjeturas arriesgadas que se aceptan provisionalmente en tanto no son refutadas. Su carácter es siempre hipotético y revisable. Nunca podemos afirmar haber encontrado una verdad definitiva. Estas conjeturas son derrocadas de forma revolucionaria por nuevas conjeturas audaces que entran en conflicto con las anteriores y que son capaces de pasar nuevos y severos intentos de falsación.

Como vimos en el capítulo anterior, Popper piensa que no hay aprendizaje por inducción propiamente dicho. Avanzamos en nuestros conocimientos me-

diante un proceso de ensayo y error, común a Einstein y a una ameba; mediante un aprendizaje a partir de los errores cometidos. Este proceso, a diferencia de la inducción, es siempre creativo. El ensayo es una suposición y el error significa una selección, la falsación y eliminación de algunas suposiciones. El método para la contrastación de teorías no es, en consecuencia, el inductivo, sino el hipotético-deductivo:

Una vez presentada a título provisional una nueva idea, aún no justificada en absoluto —sea una anticipación, una hipótesis, un sistema teórico o lo que se quiera—, se extraen conclusiones de ella por medio de una deducción lógica; esas conclusiones se comparan entre sí y con otros enunciados pertinentes [...] (Popper, 1962, pág. 32).

Interesa sobre todo compararlas con enunciados aceptados a partir de la experiencia (enunciados básicos). Si las conclusiones deducidas de la teoría sometida a contrastación entran en conflicto con los enunciados básicos admitidos por la comunidad científica, entonces la teoría debe ser considerada errónea y, por tanto, queda refutada y debe ser sustituida por otra mejor. Si, por el contrario, estas conclusiones no entran en conflicto con ningún enunciado básico admitido, la teoría ha pasado con éxito la prueba por esta vez. Ha sido corroborada, pero no por ello se puede asegurar su verdad definitiva, ya que los enunciados básicos en los que se fundamenta la corroboración son a su vez fallibles y provisionales. Permanece como una mera hipótesis, si bien podemos decir que ha demostrado su temple.

Cuanto más pruebas y más rigurosas pase una teoría y mejor las pase, más aumenta su *grado de corroboración*. El grado de corroboración es un informe evaluativo del rendimiento pasado de una teoría, y no dice nada sobre su rendimiento futuro. No indica que la teoría sea más probable (de hecho, toda hipótesis universal tiene siempre, según Popper, una probabilidad lógica igual a cero), ni nos permite estar más seguros de que la teoría seguirá pasando con éxito los intentos de falsación. Una teoría con un alto grado de corroboración puede resultar falsada en la siguiente ocasión en que sea sometida a prueba. En una palabra, el grado de corroboración no tiene un carácter inductivo, como no podía ser de otra manera, dado el rechazo de Popper a la inducción. Ahora bien, entre dos teorías con diferente grado de corroboración debemos preferir la que tenga el grado más alto (cfr. Popper, 1962, págs. 33, 248 y 261, 1979, págs. 17-21, y 1985b, parte I, cap. IV). Algunos críticos han señalado que si nos negamos a aceptar el paso inductivo que va del hecho de que una teoría ha pasado con éxito intentos severos de falsación a la esperanza de que seguirá pasándolos con éxito durante un cierto tiempo, las razones por las que un alto grado de corroboración es algo valioso se desvanecen (cfr. Putnam, 1974 y Grünbaum, 1976). Volveremos sobre ello.

En repetidas ocasiones Popper representa en sus trabajos este proceso de ensayo y error, o de conjeturas y refutaciones, de acuerdo con el cual se desarrola la ciencia, mediante un esquema simple de funcionamiento:

$$P_1 \rightarrow TT \rightarrow EE \rightarrow P_2$$

P_1 es el problema del que se parte, puesto que toda investigación comienza siempre con un problema que hay que resolver, con una pregunta, y no con un conjunto de observaciones o de datos. El científico no entra en el laboratorio o sale al campo con el ánimo de observar o de realizar experimentos para recopilar información con la que poder formar luego una hipótesis. Cuando realiza observaciones o experimentos lo hace para dar respuesta a un problema que ya tiene previamente planteado, y las observaciones o experimentos están guiados por alguna teoría. Otra cosa es que en ocasiones la obtención de datos que chocan con las expectativas formadas a partir de las teorías aceptadas pueda ser el desencadenante de un nuevo problema. Como solución al problema inicial se propone una *teoría tentativa* (TT), o sea, una suposición o conjetura que intente responder a los interrogantes planteados. O más exactamente, lo habitual es que se propongan muchas y que éstas compitan entre sí. El siguiente paso es la *eliminación de los errores* (EE) que pueda contener esa primera teoría conjetural. Para ello se sigue el procedimiento ya explicado de análisis crítico: se deduce de la teoría alguna consecuencia particular que sea susceptible de refutación empírica y se intenta por todos los medios esa refutación. En este proceso de crítica y eliminación de errores habrán surgido problemas nuevos P_2 , no percibidos con anterioridad o no considerados hasta entonces como relevantes. Estos problemas reclamarán a su vez nuevas hipótesis que los expliquen, reiniciándose así el proceso de forma continua. El progreso realizado puede evaluarse comparando P_1 con algunos de los problemas posteriores P_n (cfr. Popper, 1979, págs. 241-244).

Con este modelo de cambio científico basado en el ensayo y eliminación del error Popper proporciona una respuesta distinta a la de los neopositivistas a la cuestión de los criterios según los cuales se evalúan las teorías científicas. Ya no estamos ante un proceso inductivo en el que las teorías quedan justificadas en función del apoyo que les proporciona la evidencia empírica. Lo que encontramos es una dura competición entre teorías rivales, y los científicos eligen la que sale mejor parada de la competición. Es un proceso análogo al de la selección natural en las especies vivas. Sólo sobreviven las teorías más aptas, lo que para Popper significa aquellas que son las más falsables (tienen más contenido empírico) y han resistido las contrastaciones más rigurosas. No hay reducción de una teoría a otra; lo que hay es una lucha darwiniana por la supervivencia en la cual sólo sobrevive la mejor teoría en cada momento (cfr. Popper, 1962, pág. 103). Utilizando una imagen de Lakatos, si la sociedad de teorías de Carnap es un estado de bienestar donde no se conocen los asesinatos, la sociedad de teorías de Popper es una jungla despiadada donde rige la ley de la supervivencia. Popper remarca que, del mismo modo que las especies que han sido seleccionadas por ser las más aptas no tienen garantizada su supervivencia en el futuro, tampoco la tienen garantizada las teorías seleccionadas; de modo que no hay razones para pensar que nuestras mejores teorías seguirán resistiendo las contrastaciones en un futuro inmediato (cfr. Popper, 1979, pág. 19).

El progreso científico será más rápido cuantas más teorías entren en la competición y más dura sea ésta. Depende, pues, de que proliferen las teorías rivales. Hay que buscar siempre respuestas alternativas a los problemas y evitar que alguna teoría establezca un monopolio que frenaría el progreso. Ésta es precisamente la base de la discrepancia entre Popper y Kuhn acerca de los períodos de ciencia normal, como aclararemos después. No obstante, para que haya progreso es también necesaria una cierta dosis de dogmatismo, es decir, una cierta defensa de las teorías frente a los intentos de falsarla. Hay que darles a las teorías, especialmente a las nuevas, la oportunidad de mostrar todo su potencial: «Si cedemos demasiado fácilmente a la crítica, nunca descubriremos dónde está la verdadera fuerza de nuestras teorías» (Popper, 1972, pág. 55). Digamos de pasada que el reconocimiento de esto por parte de Popper pone de nuevo en evidencia los problemas de la falsabilidad para cumplir con su función como criterio de demarcación. ¿Cómo distinguir el dogmatismo aceptable (y científico) del inaceptable (y pseudocientífico)?

Queda claro entonces que para Popper el progreso científico nada tiene que ver con una acumulación de teorías confirmadas. Ahora bien, su modelo retiene algo del modelo de progreso neopositivista: la nueva teoría debe poder explicar aquellas cosas que explicaba con éxito la teoría anterior, y por supuesto otras nuevas. Hay, pues, un cierto sentido en el que el progreso científico es acumulativo: *la nueva teoría debe conservar el poder explicativo de la teoría anterior, aunque varíe radicalmente en la forma de explicar los fenómenos*. Esto quiere decir que debe explicar a su modo por qué la teoría anterior tuvo éxito allá donde lo tuvo. No se conservan teorías o hipótesis exitosas, lo que se conserva es su capacidad explicativa. La nueva teoría habitualmente explicará las cosas de un modo muy distinto, e incluso opuesto, a la anterior. Esta conservación de la capacidad explicativa puede ser estimada racionalmente, y de ahí que las revoluciones científicas tengan siempre un carácter racional. Nunca se rompe del todo con la tradición anterior. El poder explicativo de las teorías que se abandonan no se pierde con ellas (cfr. Popper, 1975).

Queda ahora una cuestión fundamental: ¿cuál es la meta a la que se dirige el progreso científico? O dicho de otro modo, ¿cuál es el objetivo de la ciencia en vista del cual los científicos aceptan nuevas teorías? Para Popper este objetivo es fundamentalmente el logro de teorías que posean cada vez mayor *verosimilitud*, entendiendo por tal un mayor grado de aproximación a la verdad. Y como esta noción de aproximación a la verdad puede resultar problemática, Popper aclara que la identifica con la idea de poseer un elevado contenido de verdad y un bajo contenido de falsedad (cfr. Popper, 1979, pág. 57).

En *La lógica de la investigación científica*, Popper intentó mantenerse todo lo neutral que pudo acerca de si la ciencia debe interpretarse como una búsqueda de la verdad o sólo como una búsqueda de teorías útiles. Afirmó expresamente que en su concepción del progreso científico era posible evitar los conceptos de verdadero y falso (cfr. Popper, 1962, pág. 255-257). Compartía por entonces los recelos neopositivistas contra la noción tradicional de la verdad. Consideraba oscura la relación de correspondencia entre enunciados y hechos

que ésta encerraba. Sin embargo, Popper encontró más tarde en la obra de Alfred Tarski la inspiración para rescatar y dignificar desde el punto de vista de la filosofía empirista la vieja teoría de la verdad como correspondencia. Para ello tuvo que hacer compatible dicha teoría con la tesis, compartida por el neopositivismo, de que sobre cuestiones de hecho no cabe la verdad absoluta; tesis agravada en su caso por el rechazo de la inducción, que tampoco le permitía hablar de una verdad probable. Pero sobre todo, tuvo que hacerla compatible con su idea de que el destino de todas las teorías, hasta de las mejores teorías actuales, es el de ser falsadas algún día. Popper intentó resolver la cuestión reconociendo que la verdad ha de permanecer siempre en el horizonte sin que podamos nunca afirmar haberla alcanzado, pero argumentando al mismo tiempo que, incluso con teorías falsas, podemos acercarnos cada vez más a ella y saber que lo estamos haciendo (cfr. Popper, 2002, pág. 313). Así, desde el conocimiento de fondo del que hoy día disponemos, podemos decir que tanto la física aristotélica como la física newtoniana son falsas; pero la sustitución de la primera por la segunda significó un acercamiento a la verdad. Todas las falsedades no están igualmente alejadas de la verdad. Unas lo están más que otras, y hay criterios para saberlo.

A este acercamiento progresivo a una verdad siempre desconocida e inalcanzable Popper lo denominó —en una conferencia impartida en 1960— '*grado de verosimilitud*' de una teoría, y lo consideró un objetivo más claro y realista para la ciencia que la búsqueda de la verdad como tal. La ciencia busca la verdad, pero en una búsqueda que nunca culmina y que deja como poso un creciente grado de verosimilitud en las teorías: «Somos buscadores de la verdad, pero no sus poseedores» (Popper, 1979, pág. 47).

La definición que da Popper de la verosimilitud se basa en la noción tarskiana de contenido lógico. Por *contenido lógico* de un enunciado (o una teoría) se entiende la clase de todos los enunciados que se desprenden lógicamente de él. (El *contenido empírico* que, recordemos, es la clase de sus posibles falsadores, covaría con el contenido lógico.) El contenido lógico posee un subcontenido que consta de todas las consecuencias verdaderas del enunciado en cuestión que no sean tautologías. A este subcontenido lo denomina '*contenido de verdad*'. A su vez, de forma análoga, la clase de los enunciados falsos implicados por un enunciado sería su *contenido de falsedad*. Con estos elementos elabora Popper (2002, pág. 316) la definición intuitiva de verosimilitud:

Suponiendo que sean comparables el contenido de verdad y el contenido de falsedad de dos teorías t_1 y t_2 , podemos decir que t_2 es más semejante a la verdad o corresponde mejor con los hechos que t_1 si y sólo si

- a) el contenido de verdad, pero no el contenido de falsedad, de t_2 es mayor que el de t_1 ,
- b) el contenido de falsedad de t_1 , pero no su contenido de verdad, es mayor que el de t_2 .

Una forma más simple de decirlo es ésta: se considera que t_2 es más verosímil (está más cerca de la verdad) que t_1 si y sólo si t_2 tiene más consecuencias

verdaderas que t_p , pero no más consecuencias falsas, o las mismas consecuencias verdaderas, pero menos consecuencias falsas.

Popper añade que, suponiendo que se pudiera medir el contenido de verdad y el contenido de falsedad de una teoría a , la medida de la verosimilitud de dicha teoría a podría definirse así:

$$Vs(a) = Ct_v(a) - Ct_f(a)$$

donde $Ct_v(a)$ es la medida del contenido de verdad de a y $Ct_f(a)$ es la medida de su contenido de falsedad. Popper no pretende que esto sea un algoritmo aplicable en la práctica para dar un valor numérico al grado de verosimilitud de cada teoría. Su intención es sólo mostrar que el concepto de verosimilitud o aproximación a la verdad es viable desde el punto de vista lógico.

El concepto de verosimilitud nos indica otro aspecto en el que cabe hablar de progreso acumulativo según Popper: las nuevas teorías deben ser más verosímiles que las anteriores; deben contener más verdades y/o menos falsedades que las teorías a las que sustituyen. Por supuesto, este aumento de la verosimilitud que caracteriza al progreso científico es también conjetural. No podemos estar completamente seguros de que lo que en un momento determinado consideramos verdadero lo sea realmente, y lo mismo sucede con lo que consideramos falso. Pero hay casos en los que podemos razonablemente creer que se produce tal aumento de la verosimilitud: si una teoría es más arriesgada que la anterior, y es capaz de explicar todo lo que ésta explicaba, y no fracasa a la hora de pasar las pruebas en las que la anterior fracasó, hemos de suponer que está más cerca de la verdad, ya que teniendo un contenido empírico (y lógico) mayor, su contenido de falsedad no supera al de la anterior (cfr. Popper, 1979, pág. 53).

Desafortunadamente para Popper, en 1974, en sendos artículos publicados en el *British Journal for the Philosophy of Science*, los lógicos Pavel Tichy y David Miller mostraron que el concepto de verosimilitud popperiano era inaceptable. La finalidad del concepto de verosimilitud es la de comparar dos teorías (que se supone que son falsas, y algún día serán mostradas como tales) en lo relativo a sus contenidos de verdad y falsedad. Tichy y Miller probaron que para cualesquiera dos teorías falsas diferentes A y B, no puede darse el caso de que A tenga menos verosimilitud que B, ni tampoco que B tenga menos verosimilitud que A, y, por tanto, no es posible su comparación en esos términos. No se puede decir, sin embargo, que este fracaso haya sido infructuoso, pues ha motivado una serie de trabajos importantes con el fin de ofrecer una definición rigurosa de los conceptos intuitivos de verdad aproximada y verosimilitud que pueda superar las deficiencias de la definición popperiana. La discusión sigue abierta como uno de los aspectos centrales en el debate entre realistas y anti-realistas, y en ella hay que mencionar los nombres de Graham Oddie (1986), Theo Kuipers (1987) e Ilkka Niiniluoto (1987) (cfr. Niiniluoto, 1998 y Zamora Bonilla, 1996).

Pero la verdad no es el único objetivo de la ciencia que Popper señala. No sólo buscamos un acercamiento a la verdad, sino que queremos verdades inte-

resantes, teorías profundas que tengan gran contenido empírico, gran poder explicativo, que sean más falsables. Un alto grado de falsabilidad es también un objetivo primordial de la ciencia (cfr. Popper, 1979, pág. 55 y 2002, páginas 294 y 311).

Como resumen de su propuesta Popper (2002, pág. 326-332) enumera tres requisitos que debe cumplir una teoría nueva para que signifique un desarrollo del conocimiento:

1. Debe partir de una idea simple y capaz de unificar fenómenos dispares.
2. Debe ser contrastable independientemente, es decir, debe tener nuevas consecuencias contrastables. De no ser así la nueva teoría sería *ad hoc*. En otras palabras, la nueva teoría debe tener mayor contenido empírico o grado de falsabilidad que la anterior.
3. Debe pasar con éxito nuevas y severas contrastaciones. La nueva teoría debe tener mayor grado de corroboración. *Para que se dé el progreso científico no basta con tener refutaciones exitosas, hay que obtener también verificaciones exitosas de las nuevas predicciones.*

En conclusión, el modelo de cambio científico que Popper propone pretende ser un modelo racional, al igual que lo era el modelo neopositivista. Ofrece un objetivo para la ciencia que se supone que está racionalmente justificado: el logro de teorías más verosímiles y profundas; y considera que hay un criterio racional de comparación —el grado de corroboración— que permite estimar en qué medida se está progresando hacia ese objetivo. El proceso de selección de teorías por parte de los científicos adopta la siguiente forma: se buscan teorías con mayor grado de falsabilidad que las precedentes y que conserven su capacidad explicativa; de las que no hayan resultado falsadas después de haber sido sometidas a rigurosos intentos de falsación, se preferirá aquella que haya pasado las contrastaciones más severas, esto es, la que posea mayor grado de corroboración, y al hacerlo así, dado que presumiblemente tendremos teorías con mayor contenido empírico pero no mayor contenido de falsedad, el resultado serán teorías con mayor grado de verosimilitud. El mayor grado de corroboración puede ser visto por ello como un índice falible de un mayor grado de verosimilitud. «Si dos teorías rivales —escribe en el *Post-Scriptum a la Lógica de la investigación científica*— han sido criticadas y contrastadas tan completamente como podamos hacerlo, con el resultado de que el grado de corroboración de una de ellas es mayor que el de la otra, en general tendremos razón para creer que la primera es una mejor aproximación a la verdad que la segunda» (Popper, 1985b, pág. 98, cfr. 1979, págs. 81 y 103).

Kuhn, Feyerabend y Laudan han sido los críticos principales de este modelo, tal como veremos en la presentación de los suyos propios. En lo que coinciden estos tres autores es en rechazar la idea de que el progreso científico pueda ser entendido como un acercamiento gradual a la verdad. Nos limitaremos ahora a señalar un par de cuestiones puntuales.

Una dificultad importante en el modelo popperiano, que fue suscitada por Lakatos y que ha reafirmado recientemente Newton-Smith, es la de la relación

entre corroboración y verosimilitud (cfr. Lakatos, 1968 y Newton-Smith, 1987, págs. 72-83). Por un lado tenemos que, dado el rechazo de Popper a la lógica inductiva, el grado de corroboración de una teoría es sólo un informe sobre los éxitos pasados de la teoría; un informe con el que no cabe hacer predicciones sobre sus éxitos futuros. Pero, por otro lado, tenemos que el grado de corroboración es un índice de la verosimilitud de una teoría en un momento dado. Ahora bien, parece razonable confiar en que el éxito futuro de una teoría con un alto grado de verosimilitud será mayor que el éxito futuro de otra teoría con un grado menor de verosimilitud. Si su contenido de verdad es mayor, si tiene más consecuencias lógicas verdaderas, hará más predicciones exitosas que la de menor verosimilitud, con lo cual, presumiblemente, pasará con éxito más intentos de falsación. Pero entonces, a pesar de las intenciones de Popper, podemos realizar algún tipo de inferencia inductiva sobre el comportamiento futuro de una teoría a partir de su grado de corroboración.

Es más, como dice Newton-Smith, si no pudiéramos hacer este tipo de inferencias, no se entendería por qué habríamos de basar nuestra elección de teorías en su grado de corroboración. Después de todo, elegimos una teoría mejor corroborada porque esperamos que sea la que nos dé mayor poder explicativo y predictivo en futuras ocasiones. Si no esperaríamos esto, el historial de éxitos pasados de una teoría no tendría más interés para cualquiera que el meramente histórico. Para establecer el vínculo que Popper mismo concede entre corroboración y verosimilitud no habría más remedio entonces que recurrir a una argumentación inductiva, cosa que, sin embargo, el modelo popperiano no permite hacer.

Popper terminó sugiriendo que quizá aquí habría que admitir «un soplo de inductivismo» (Popper, 1974, págs. 1193). Pero ¿cómo entender esto? ¿Acepta finalmente la inducción, aunque sea en dosis pequeñas (sea eso lo que sea)? Newton-Smith afirma con ironía que más que soplo lo que hay es una tormenta en toda regla. De hecho, para muchos de sus críticos, el principal punto débil de la metodología popperiana está precisamente en su rechazo de la inducción, que le lleva a conclusiones tan implausibles como que, por mucha evidencia empírica que pueda tener una teoría en su favor, por muchas contradicciones que haya pasado, no podemos afirmar legítimamente que nuestra confianza en ella ha aumentado a raíz de ese apoyo en la experiencia. Este fracaso a la hora de conectar corroboración y verosimilitud le ha acarreado a Popper también la acusación de antirrealista, porque si bien, como buen realista, hace de la verdad una meta de la ciencia, la aceptación o rechazo de teorías se lleva a cabo en su metodología por criterios que en última instancia no están realmente en función de dicha meta (cfr. Papineau, 1989).

No es irrelevante, para terminar, mencionar un dato curioso proveniente de la psicología. Los psicólogos cognitivos han realizado experimentos para determinar si en ciertas tareas cognitivas los sujetos que emplean una estrategia falsacionista de conjeturas y refutaciones resuelven mejor los problemas que los que siguen una estrategia confirmacionista (cfr. Wason, 1983 y Mynatt, Doherty y Tweney, 1978). El resultado de tales experimentos es que los sujetos que

emplean una estrategia falsacionista resuelven mal los problemas planteados por el experimentador, pero también suelen resolverlos mal los que emplean una estrategia puramente confirmacionista, que son la mayoría. En cambio, los sujetos que comienzan con una estrategia confirmacionista y, al cabo de un tiempo, pasan a otra falsacionista son los que mejor puntuación obtienen. Esto, en principio, no prueba nada a favor o en contra de la metodología popperiana, pero sí nos sugiere que algo de cierto debe haber en ella, así como en la metodología neopositivista, aunque Popper las considere incompatibles. Lo que estos experimentos parecen mostrar es que si queremos encontrar una hipótesis que permita explicar una serie de fenómenos, la estrategia que permite encontrar una solución de forma más rápida es comenzar proponiendo una hipótesis que concuerde con los datos observados, intentar confirmarla buscando nuevos datos, y, una vez que hemos conseguido algunos ejemplos confirmadores, buscar posibles ejemplos en contra, es decir, intentar refutarla. Un consejo útil podría ser entonces éste: «sea usted carnapiano en un principio, pero pase después a ser popperiano».

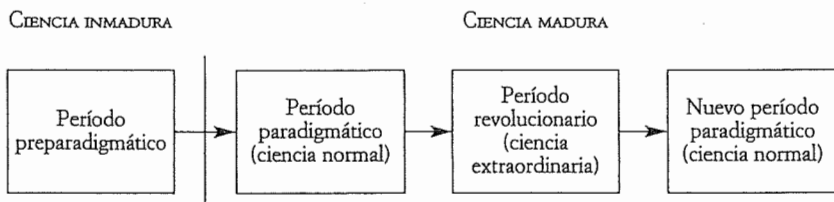
3. EL CAMBIO CIENTÍFICO SEGÚN THOMAS KUHN

Popper presentó su filosofía como una crítica al neopositivismo, pero las obras de Kuhn y de Feyerabend mostraron que Popper compartía con éste supuestos comunes que no resistían un análisis riguroso desde la historia de la ciencia. Kuhn, en el cual nos centraremos ahora, coincide con Popper en la idea de que el progreso científico es revolucionario y no acumulativo, pero cree que las revoluciones presentan discontinuidades más profundas que las señaladas por Popper y considera además que esas revoluciones no serían posibles si no hubiera también largos períodos de estabilidad y de dominio incuestionado de una gran teoría, a los que designa como períodos de '*ciencia normal*'.

El modelo de cambio científico expuesto por Kuhn en su libro de 1962 *La estructura de las revoluciones científicas* ha tenido una influencia enorme, no sólo en la filosofía de la ciencia, sino en otros muchos ámbitos de las humanidades (sociología, antropología, historia, lingüística, crítica literaria, etc.). Kuhn nació en 1922. Era físico de formación, al igual que Popper, pero pronto pasó al campo de la historia de la ciencia y, desde ahí, al de la filosofía de la ciencia. Como historiador de la ciencia publicó varios artículos y dos libros: *La revolución copernicana*, de 1957, y *La teoría del cuerpo negro y la discontinuidad cuántica, 1894-1912*, de 1979. Como puede verse por los títulos, ambos trataban de grandes revoluciones en la ciencia: la de Copérnico el primero y la de la teoría cuántica el segundo. Algunos de sus artículos históricos e historiográficos fueron recogidos en el libro *La tensión esencial*, publicado en 1977. Pero la obra que le consagró internacionalmente fue *La estructura de las revoluciones científicas*, su único libro como filósofo de la ciencia y uno de los libros de filosofía más traducidos y vendidos de todos los tiempos. Kuhn murió en junio de 1996.

Trabajaba entonces intensamente en un libro que significaría una revisión profunda de algunos de los planteamientos contenidos en esta obra.

Comencemos por exponer la descripción general del desarrollo científico que Kuhn efectúa. En toda ciencia existen dos fases principales de desarrollo: un período de ciencia inmadura, caracterizado por la ausencia de un *paradigma* común, y un período de ciencia madura en el que la investigación se realiza —salvo en los momentos ocasionales de crisis— bajo el dominio de un paradigma común. A su vez, dentro de la ciencia madura, el desarrollo se produce fundamentalmente mediante cambios revolucionarios de paradigma. Al período de investigación bajo un paradigma Kuhn lo llama 'ciencia normal' y al período de crisis revolucionaria que comporta el cambio de paradigma lo llama 'ciencia extraordinaria'. Esquemmatizando:



En la ciencia inmadura existen diversas escuelas rivales compitiendo entre sí, cada una con su propio conjunto de teorías, métodos, criterios, objetivos, etc. No existe, por tanto, un consenso suficiente sobre cuestiones básicas y el progreso del conocimiento se hace muy difícil, a no ser que nos limitemos a considerar el interior de cada una de estas escuelas en disputa. Dentro de ellas, y de acuerdo con sus propios criterios, sí se realiza algún progreso, pero éste no es reconocido frecuentemente como tal por las escuelas rivales. Los descubrimientos realizados por una son ignorados por las otras, de modo que pueden llegar a perderse. La falta de colaboración entre los miembros de diversas escuelas y la discusión sobre los fundamentos son una constante en estos períodos: todo se replantea desde el inicio. No hay una guía fiable y duradera para la investigación que posibilite un avance rápido de los conocimientos.

Probablemente se nos vengan a la cabeza, leyendo esta caracterización, algunos casos actuales en las ciencias sociales. Pero Kuhn se limita a ejemplos de las ciencias naturales en el pasado. Uno de tales ejemplos lo encontramos en el electromagnetismo a comienzos del siglo XVIII. Existían tres grupos de investigadores en ese campo. Un primer grupo consideraba que los fenómenos eléctricos fundamentales eran la atracción y la generación por fricción, y veía los fenómenos de repulsión como un efecto derivado producido por algún tipo de rebote. Un segundo grupo estimaba que tanto atracción como repulsión eran manifestaciones iguales de la electricidad. Un tercer grupo creía que la electricidad era un fluido que circulaba por los cuerpos conductores. Los dos primeros grupos tenían dificultades para explicar los fenómenos de conducción, mientras que el

tercero las tenía para explicar la atracción y repulsión. Fueron los trabajos de Benjamin Franklin los que cambiaron este panorama. Consiguió explicar con su teoría la mayoría de los efectos eléctricos conocidos y en poco tiempo despertó la adhesión de todos los que investigaban sobre la electricidad. A partir de entonces contaron con un paradigma común acerca de los fenómenos que estudiaban y el debate entre escuelas cesó (cfr. Kuhn, 1970, págs. 13-15).

El paso de la ciencia inmadura a la ciencia madura es descrito finalmente por Kuhn no como el surgimiento de un paradigma donde antes no lo había, sino como la victoria completa de un paradigma sobre otros paradigmas rivales (cfr. págs. 178-179). Ésta es una razón por la que no debe interpretarse, como a veces se hace, la posesión de un paradigma como un criterio de demarcación entre ciencia y no ciencia. También hay paradigmas en disciplinas no científicas, sólo que ninguno consigue aglutinar en torno a él a todos los investigadores. Pero esto es algo que sucede también en la ciencia en los períodos de inmadurez. No obstante, incluso cuando un paradigma ha vencido a los demás, la adhesión al mismo puede llevar su tiempo. En un principio puede ocurrir que no todos los científicos se sumen al nuevo paradigma vencedor. Con el tiempo estos disidentes van siendo apartados de los lugares relevantes de la disciplina, pero eso no significa que su comportamiento de resistencia al consenso creado sea ilógico, irracional o acientífico (cfr. Kuhn, 1970, pág. 159).

Cuando un paradigma triunfa, esto es, cuando los científicos aceptan un logro teórico como fundamento para su práctica posterior, el progreso se facilita enormemente. A partir de ese momento el trabajo se vuelve más rutinario, pero también más efectivo:

Precisamente porque trabaja sólo para una audiencia de colegas, una audiencia que comparte sus propios valores y creencias, el científico puede dar por sentado un único conjunto de normas. No tiene ya que preocuparse de lo que pensarán otros grupos o escuelas y puede, por tanto, deshacerse de un problema y pasar al siguiente más rápidamente que los que trabajan para un grupo más heterodoxo. Y lo que es más importante, el aislamiento de la comunidad científica con respecto a la sociedad permite al científico individual concentrar su atención en problemas acerca de los cuales tiene buenas razones para creer que podrá resolverlos (Kuhn, 1970, pág. 164).

Kuhn discrepa aquí profundamente del planteamiento popperiano. No se trata de que la ciencia progrese hacia teorías cada vez más cercanas a la verdad y de que eso facilite el consenso a partir de cierto momento. Kuhn no cree que exista en la ciencia nada parecido a un acercamiento progresivo a la verdad. Se trata más bien de conseguir primero el consenso, lo cual posibilitará a continuación un rápido progreso. Si campos como la filosofía o la teología no consiguen ese progreso, no se debe a que carezcan de algún instrumento metodológico del que la ciencia dispone, sino a que no se ha conseguido en ellas eliminar la rivalidad de escuelas que pone en cuestión constante los fundamentos. Queda entonces por aclarar cómo se consigue ese consenso y cómo ha de entenderse ese progreso.

Los períodos de ciencia normal son los que conforman la mayor parte de la actividad científica. En ellos, como hemos dicho, la investigación se desarrolla bajo el dominio de un paradigma. Algo ciertamente muy alejado del principio de proliferación de teorías y de la constante lucha darwiniana de teorías que Popper nos presentaba. Pero ha llegado el momento de decir qué entiende Kuhn por 'paradigma'. La respuesta no es simple, porque, pese a la importancia de este concepto en su filosofía, Kuhn no siempre lo utilizó con precisión. A este respecto se suele citar casi siempre el trabajo de Margaret Masterman (1972) en el que pone de relieve —forzando un poco las cosas, todo hay que decirlo— que en *La estructura de las revoluciones científicas* Kuhn llega a emplear el término hasta en 21 sentidos diferentes.

En su conferencia de 1961 «La función del dogma en la investigación científica», pronunciada un año antes de la publicación de *La estructura de las revoluciones científicas*, donde adelantaba las conclusiones principales de esta obra, Kuhn decía:

Un paradigma es, en primer lugar, un logro o realización científica fundamental que incluye a la par una teoría y algunas aplicaciones ejemplares a los resultados del experimento y la observación. Y lo que es más importante, es una realización cuyo término queda abierto, que deja aún por hacer toda suerte de investigaciones. Y, finalmente, es una realización aceptada en el sentido de ser recibida por un grupo cuyos miembros no intentan ya rivalizar con ella ni crearle alternativas (Kuhn, 1979, pág. 21).

En la posdata de 1969 a la segunda edición de *La estructura de las revoluciones científicas* Kuhn precisa más y reconoce que en esta obra había empleado el término en dos sentidos diferentes. En el primer sentido, que tendría un carácter sociológico, un paradigma es «la completa constelación de creencias, valores, técnicas, etc. compartidos por los miembros de una comunidad dada». En el segundo sentido, que es más restringido, un paradigma es uno de elementos en esta constelación, a saber: las soluciones concretas a enigmas que son empleadas como modelos o ejemplos por la comunidad científica para la solución de otros enigmas en la ciencia normal (cfr. Kuhn, 1979, pág. 175).

Así pues, Kuhn entiende por paradigma básicamente un modelo teórico que resuelve algún problema destacado y que sirve como ejemplo para resolver otros problemas más complejos (piénsese en el modo en que la mecánica newtoniana resuelve el problema de las órbitas planetarias). Aunque, en un sentido más amplio, los paradigmas incluyen otros componentes de tipo axiológico, metodológico y ontológico que son la seña de identidad de una comunidad científica. El término 'paradigma' es adoptado por Kuhn de la gramática. En ella se emplea en un sentido muy próximo al primero de los que acabamos de mencionar. Un paradigma en gramática es un ejemplo que se usa como modelo para ilustrar cómo debe construirse la flexión de casos análogos. Por ejemplo, en castellano el verbo amar sirve como paradigma de la primera conjugación.

En esta posdata de 1969 Kuhn prefiere llamar a los paradigmas en el sentido amplio 'matrices disciplinares', y éstas incluirían como componente propio

a los paradigmas en el sentido restringido de problemas resueltos utilizados como modelo. El término 'matriz disciplinar' no tuvo finalmente fortuna y no logró imponerse al ya ampliamente difundido de 'paradigma'.

En concreto, Kuhn (1970, págs. 182-187) señala cuatro componentes principales en una matriz disciplinar o paradigma:

1. *Generalizaciones simbólicas*. Son las leyes centrales del paradigma, como las tres leyes del movimiento de la mecánica newtoniana. Leyes que, en ocasiones, funcionan como definiciones de ciertos términos, más que como generalizaciones empíricas. A pesar de su nombre, pueden estar expresadas en forma simbólica o a través de palabras. El compromiso sobre ellas por parte de la comunidad científica se realiza tomándolas sin interpretar, es decir, desprovistas de significado empírico. Así, podríamos añadir, todos los científicos aceptan las mismas ecuaciones de la mecánica cuántica, aunque haya discrepancias en lo que concierne a su interpretación. En tal sentido «las generalizaciones simbólicas funcionan todavía como expresiones que se dan dentro de un sistema matemático puro» (Kuhn, 1982, pág. 323).
2. *Modelos heurísticos y categoriales*. Se trata de ciertas analogías utilizadas para facilitar el desarrollo de la investigación, así como de ciertos compromisos ontológicos. Un modelo heurístico es, por ejemplo, la comparación de un circuito eléctrico con un sistema hidrodinámico, o de las moléculas de un gas con pequeñas bolas de billar en movimiento aleatorio. Un modelo categorial sería la identificación del calor de un cuerpo con la energía cinética de sus moléculas, o la asunción de que todos los fenómenos se deben al movimiento de los átomos en el vacío.
3. *Valores*. El consenso sobre ellos entre diferentes comunidades de científicos es mayor incluso que sobre las generalizaciones simbólicas y sobre los modelos, y debido a ello cobran una especial importancia en los períodos de crisis, cuando la comunidad científica se encuentra dividida sobre esos otros elementos. Algunos de tales valores son la exactitud en las predicciones, la fertilidad en la formulación y solución de enigmas, la simplicidad, la consistencia (interna y externa), etc. Ahora bien, aunque estos valores sean ampliamente compartidos, puede haber discrepancias a la hora de aplicarlos o de evaluar cuáles son más importantes y deben prevalecer sobre los demás.
4. *Ejemplares*. Son soluciones de problemas concretos aceptados por la comunidad científica como modelos para resolver otros problemas similares, es decir, como paradigmas en el sentido habitual del término. Estos ejemplares son lo que Kuhn entendía por 'paradigma' en el sentido más estricto. Suelen aparecer en los libros de texto e invitan al estudiante a resolver problemas similares basándose en ellos. Juegan, por tanto, un papel fundamental en la educación científica. Al estudiante de ciencias no se le enseña un conjunto de reglas, bajo el apelativo de 'método científico', para que con ellas pueda enfrentarse a cualquier problema. Más bien se le entrena para manejar con soltura un cierto número de ejemplares, y con ese manejo, el estudiante adquiere la capacidad de aplicar las mismas generalizaciones simbólicas en situaciones diferentes. En esto la actividad del estudiante de ciencias no se diferencia demasiado de la del trabajo investigador del

científico profesional durante los períodos de ciencia normal. Ambos resuelven enigmas o rompecabezas modelándolos sobre soluciones de enigmas previos: «Galileo descubrió que una bola que rueda por un plano inclinado adquiere la velocidad suficiente para volver a la misma altura vertical sobre un segundo plano inclinado con una pendiente cualquiera, y aprendió a ver esta situación experimental como parecida a la del balanceo de un péndulo con una masa puntual» (Kuhn, 1970, pág. 190). Esto es análogo a lo que hace el estudiante de física cuando aprende a ver una variedad de situaciones como casos especiales de una misma ley (cuando aprende, por ejemplo, que $f = ma$ se transforma en $mg = m d^2s/dt^2$ para el caso de la caída libre de un cuerpo).

En los períodos de ciencia normal los científicos no tratan de encontrar nuevas teorías ni nuevos tipos de fenómenos, y mucho menos tratan de falsar sus teorías, sino que tratan de encajar cada vez mejor las teorías vigentes con los fenómenos conocidos. Su tarea es sobre todo, como dice Kuhn, una «operación de limpieza» bastante rutinaria consistente en resolver problemas para los cuales se presupone que hay al menos una solución dentro del paradigma. Kuhn los llama 'enigmas' o 'rompecabezas' (*puzzles*) porque lo que hacen es poner a prueba el ingenio de los científicos. No son necesariamente problemas de gran importancia práctica o de gran interés público. Son sólo problemas que los científicos consideran interesantes y resolubles: «Los problemas verdaderamente apremiantes, como la cura del cáncer o el diseño de una paz duradera, no suelen ser enigmas, en buena medida porque pueden no tener ninguna solución» (Kuhn, 1970, págs. 36-37). El paradigma, sin embargo, no tiene por qué explicar satisfactoriamente todos los hechos que puedan considerarse bajo su dominio. Basta con que resuelva algunos problemas especialmente significativos para la comunidad científica. Todos los paradigmas, sobre todo en sus fases iniciales, tienen problemas sin resolver, y su éxito es más una promesa que una realidad efectiva. La responsabilidad del fracaso en la solución de un problema se atribuye en esos momentos al científico, no al paradigma.

El progreso científico durante los períodos de ciencia normal es muy parecido a como lo describieron los neopositivistas. Es un progreso acumulativo basado en la articulación entre la teoría y la experiencia, y aunque no es el más espectacular, a él está enfocada la mayor parte de la investigación científica. En concreto, durante los períodos de ciencia normal los científicos se dedican a tres cosas principalmente:

1. Determinar con precisión los hechos significativos dentro del paradigma (valores de ciertas magnitudes importantes, por ejemplo).
2. Acoplar los hechos con la teoría (desarrollando nuevas técnicas matemáticas o aplicándola a nuevos ámbitos, por ejemplo).
3. Articular la propia teoría (dándole más coherencia, más precisión o más simplicidad, por ejemplo).

Pero los períodos de ciencia normal no duran siempre. Cuando se produce el fin de un período de ciencia normal se entra en un período de ciencia ex-

traordinaria. Es importante resaltar en primer lugar que los períodos de ciencia normal son necesarios para que luego pueda producirse un avance revolucionario. Kuhn no concibe el desarrollo de la ciencia como una revolución permanente. Las revoluciones no son posibles si no hay largos períodos de estabilidad sometidos a una legalidad que finalmente se vuelve inasumible. Sobre el fondo seguro de expectativas teóricas que proporcionan dichos períodos es más fácil que se perciban situaciones que las violan. Sin la aceptación previa de un paradigma no hay expectativas acerca de los fenómenos y, por tanto, no hay violación de tales expectativas. El trabajo rutinario dentro de un paradigma es así una condición indispensable para el progreso científico. No sólo porque ese mismo trabajo de ciencia normal desarrolla la capacidad explicativa del paradigma, sino porque sin él no sería posible la detección de los problemas que pueden conducir a un cambio de paradigma. Existe, pues, una «tensión esencial» en la investigación científica entre tradición e innovación, entre pensamiento convergente y divergente, una tensión que provocará rupturas con la tradición cada cierto tiempo (cfr. Kuhn, 1982, cap. 9). La misión que Kuhn atribuye al trabajo científico es, en coherencia con esto, muy distinta de la que se le encomendaba dentro de la visión popperiana. El científico no está obligado a ser un revolucionario audaz que intenta siempre encontrar nuevas ideas opuestas a las teorías vigentes. En general su tarea es mucho más modesta, pero imprescindible para el progreso de la ciencia: debe resolver enigmas hasta que tenga la suerte, si es que la tiene, de tropezar con algo mucho más importante, con un problema que choque con lo que el paradigma autoriza a esperar. En *La tensión esencial*, escribe:

El profesional de una ciencia madura desde el principio de su investigación para su doctorado, continúa trabajando en las regiones a las cuales parecen adaptarse los paradigmas provenientes de su educación y de las investigaciones de sus contemporáneos. Es decir, trata de dilucidar detalles topográficos sobre un mapa cuyas líneas principales ya existen y espera —si es lo suficientemente perspicaz como para reconocer la naturaleza de su campo— que algún día atacará un problema dentro del cual *no* ocurrirá lo previsto, problema que al apartarse de lo consabido sugerirá la debilidad fundamental del propio paradigma (Kuhn, 1982, pág. 258).

Estas violaciones de las expectativas generadas por un paradigma son denominadas por Kuhn 'anomalías'. Cuanto más preciso y amplio sea un paradigma, tanto más sensible será a la aparición de anomalías y más ocasiones proporcionará para su cambio.

Cuando un paradigma tropieza con una serie de problemas importantes que no consigue resolver pese a todos los intentos, cuando acumula anomalías, puede entrarse en un período de crisis en el cual la comunidad científica debilita su confianza en el paradigma. En ese momento los científicos realizan modificaciones cada vez más radicales y divergentes del paradigma para encontrarles solución, llegando la discusión a alcanzar los supuestos filosóficos del mismo, como ocurría en los períodos preparadigmáticos. Estas modifica-

ciones equivalen en la práctica a una proliferación de teorías. El consenso dentro de la comunidad científica acerca de qué modificaciones son o no aceptables se va debilitando y se genera una inseguridad profesional en el seno de dicha comunidad. La investigación realizada a partir de entonces ya no tiene las características de la ciencia normal, puesto que las distintas modificaciones del paradigma que se proponen dividen a la comunidad científica, provocando la reaparición de las rivalidades que el paradigma había hecho desaparecer.

Los períodos de crisis no tienen por qué terminar en una revolución científica, tal como puntualiza Kuhn en la segunda edición de *La estructura* (cfr. Kuhn, 1970, pág. 84)². Lo más frecuente es que las anomalías terminen por ser explicadas por el paradigma. E incluso si no lo son, los científicos pueden decidir aparcirlas hasta mejor momento, con la esperanza de que una nueva generación de científicos con mejores instrumentos lo consiga. Si después de cierto tiempo el paradigma sigue sin resolver los problemas, si los científicos no están dispuestos a mirar para otro lado, y sobre todo, si surge un nuevo candidato a paradigma, estas crisis desembocan finalmente en una *revolución científica*. Un nuevo paradigma rival consigue la aceptación generalizada de la comunidad científica y el viejo paradigma es abandonado.

Ahora bien, contra lo que Popper pensaba, el cambio revolucionario no se produce debido a la aparición de ejemplos falsadores de la vieja teoría. Todo paradigma tiene problemas que no puede resolver o hechos que no encajan con él, pero éstos no se convierten en auténticos ejemplos en su contra hasta que no hay un paradigma rival que pueda sustituirlo. «Rechazar un paradigma sin sustituirlo simultáneamente por otro es rechazar la ciencia misma» (Kuhn, 1970, pág. 79). De ahí que los científicos empleen legítimamente, al menos durante un tiempo, diversas estrategias inmunizadoras, como las hipótesis *ad hoc*, para proteger al paradigma. En el capítulo anterior explicamos cómo el modelo atómico de Bohr tuvo en un principio este carácter *ad hoc* y cómo, en un ejemplo aún más claro de protección frente a la falsación, Lorentz y FitzGerald dieron cuenta de los resultados negativos de los experimentos de Michelson y Morley que intentaban detectar el movimiento de la Tierra en el éter.

Lo que diferencia a la ciencia normal de la ciencia en los períodos de crisis no es que la primera no se enfrente con ejemplos en contra, mientras que la segunda sí lo haga. La diferencia está en que la ciencia normal se esfuerza por resolver los problemas manteniendo a toda costa la validez del paradigma. Si no se logra una solución, eso desacredita al científico, no a la teoría. En cambio, la ciencia en un período de crisis pone en cuestión el paradigma y lo culpa de los fracasos.

El falsacionismo se equivoca también en otro aspecto: la decisión final en una revolución científica no depende de que haya un experimento crucial que refute a un paradigma y apoye al paradigma rival. Cada paradigma interpreta la experiencia de modo distinto, e incluso ve el mundo de modo distinto, y no hay

² Ésta es una modificación importante que no viene recogida en la traducción al castellano, al igual que otras modificaciones menores. Esta traducción, sin embargo, sí recoge la posdata de 1969. Ésta es una de las razones por las que prefiero citar a partir del original en inglés.

normas de evaluación supraparadigmáticas que puedan dirimir estas diferencias, ya que las normas y los valores cambian también con el paradigma. Esto hace que lo que desde un paradigma se considera un experimento refutador del paradigma rival, desde éste pueda ser visto sólo como una pequeña dificultad superable con las oportunas modificaciones teóricas. Es a esto a lo que Kuhn se refiere cuando dice que los paradigmas son *incommensurables*.

Pero si todo paradigma tiene ejemplos en contra, si ninguno puede explicar todos los hechos que caen bajo su dominio, ¿qué hace que una anomalía o un conjunto de ellas conduzcan a un período de crisis? ¿Qué factor determina el desencadenamiento de la crisis? Kuhn es bastante elusivo en la respuesta a esta cuestión, a pesar de que es una pregunta capital. Hay, según nos dice, varias circunstancias que pueden provocar esto. Por ejemplo, que las anomalías pongan en cuestión generalizaciones fundamentales del paradigma, que pase mucho tiempo sin que encuentren una solución, que afecten a aplicaciones prácticas importantes, que el propio desarrollo de la ciencia normal las vaya destacando, etc.

Una de las formas en que puede cerrarse una crisis es, como hemos dicho, el abandono del viejo paradigma y la aceptación de un paradigma rival. En esto consisten las revoluciones científicas. Los casos que Kuhn cita coinciden en general con los que la historiografía ha considerado tradicionalmente como grandes revoluciones científicas: el abandono del sistema ptolemaico en favor del copernicano, el establecimiento de la mecánica newtoniana, la transición de la química del flogisto a la química del oxígeno debida fundamentalmente a Lavoisier, la sustitución de la mecánica newtoniana por la teoría de la relatividad de Einstein, el surgimiento de la teoría cuántica, etc. E incluye algunos otros menos conocidos popularmente, como la revolución producida en la física por la teoría electromagnética de Maxwell. Las revoluciones científicas implican para Kuhn una ruptura mucho mayor con la situación precedente que la que había admitido Popper. Para ilustrar hasta qué punto se produce una discontinuidad radical y una reconstrucción de fundamentos tras una revolución científica, Kuhn resalta los paralelismos entre éstas y las revoluciones políticas. En ambas se experimenta un fuerte sentimiento de insatisfacción con respecto al *statu quo*. En ambas cambian las normas imperantes hasta el momento y el orden que surge tras ellas es juzgado como ilegítimo desde las normas prevalecientes en la situación anterior. En ambas se carece de estructuras institucionales superiores para dirimir las diferencias; la norma más elevada es la voluntad de la comunidad revolucionaria. En ambas se debe recurrir a las técnicas de persuasión de masas. En ambas se trata de elegir entre modos incompatibles de vida de la comunidad. En ambas los argumentos a favor de cada bando se tornan en buena medida circulares, ya que presuponen los criterios de evaluación que el otro bando no desea aceptar y que, de hecho, cuestiona. En ambas es sólo una pequeña vanguardia la que está dispuesta en un principio a efectuar el cambio, y la revolución no se completa hasta que la gran mayoría la comunidad presta su lealtad al nuevo orden instaurado.

Las revoluciones científicas son para Kuhn algo más que la sustitución de algunas ideas sobre el mundo por otras: son, como reza el título de uno de los

capítulos de *La estructura*, «cambios en la visión del mundo». Esto significa que tras una revolución los científicos ven el mundo objeto de su investigación de una manera diferente. Es más, dado que el único acceso que tienen a este mundo es a través de su práctica investigadora, podría decirse que, «aunque el mundo no cambia con el cambio de paradigma, los científicos trabajan después en un mundo diferente» (Kuhn, 1970, pág. 121). El cambio en la visión del mundo es, por tanto, algo más que un cambio perceptivo o que una simple reinterpretación de datos sensoriales. Kuhn argumenta que es como si el mundo se poblara realmente de nuevos objetos. El mundo en el que trabaja el científico es un mundo donde han cambiado los referentes, y donde las cosas no se miden, ni se prueban, ni se manipulan del mismo modo. Es, en cierto modo, un mundo distinto después del cambio de paradigma.

Para aclarar todo esto un poco más, Kuhn menciona los cambios de *Gestalt* que se dan en situaciones en las que, ante un mismo estímulo sensorial, se perciben alternativamente dos imágenes distintas. Casos típicos de tales situaciones son la figura en la que o bien se ven dos caras enfrentadas o bien se ve una copa, la figura en la que o bien se ve un pato o bien se ve un conejo, y la figura en la que se ve un cubo desde el ángulo superior o desde el inferior. De forma análoga a lo que sucede en estas situaciones, al mirar a la Luna, donde el astrónomo anterior a Copérnico veía un planeta, el astrónomo copernicano ve un satélite. Antes de Galileo los físicos trabajaban en un mundo en el que había cosas tales como piedras que eran entorpecidas por una cuerda en su caída hacia su lugar natural de reposo; después de Galileo trabajaban en un mundo en el que había péndulos, esto es, objetos que repiten incesantemente un movimiento de balanceo. Antes de Dalton los químicos trabajaban en un mundo en el que las soluciones eran compuestos, después de Dalton trabajaban en un mundo en el que eran mezclas. La diferencia está en que los cambios de *Gestalt* pueden ser invertidos a voluntad, mientras que el cambio de visión del mundo producido por una revolución científica es irreversible.

Estas afirmaciones acerca de los «cambios de mundo» y «cambios de *Gestalt*» le costaron a Kuhn muchas críticas, pues parecen sugerir un cierto constructivismo idealista según el cual el mundo depende de nuestras teorías (cfr. Nola, 1980, Sankey, 1994, Bird, 2000). Con el tiempo Kuhn las consideró desafortunadas y aclaró que en ningún momento había pretendido negar la existencia de una realidad independiente de nuestras teorías. En sus últimos trabajos los «cambios de mundo» son identificados con cambios en la estructura que imponen al mundo léxicos diferentes, o más exactamente, con cambios en la referencia de los términos debidos a cambios en el sistema de clasificación del mundo que cada paradigma conlleva.

No debe pensarse que las revoluciones científicas son siempre cambios de gran magnitud y relativamente escasos. Algunas pueden afectar sólo a una subespecialidad (cfr. Kuhn, 1979, pág. 49). En la posdata de 1969, Kuhn insistió en que las comunidades científicas están estructuradas en subcomunidades, a veces con menos de un centenar de miembros, que son las verdaderas unidades productoras de conocimiento. Algunas revoluciones pueden darse sólo en el

seno de estas microcomunidades y acontecer con cierta frecuencia si las tomamos todas en conjunto (cfr. Kuhn, 1979, págs. 177-181).

Kuhn considera que las revoluciones han sido difuminadas e incluso borradas de la imagen popular de la ciencia debido a los libros de texto y a las obras de filosofía y de divulgación científica. En ellos se suele presentar la historia de la ciencia como un proceso lineal en el que todo lo hecho con anterioridad no ha sido más que un intento balbuceante para llegar al punto en el que se encuentra la ciencia en la actualidad. Se describe a la ciencia como si todos los científicos hubieran estado trabajando siempre en los mismos problemas fundamentales, empleando los mismos métodos y buscando los mismos objetivos; como si Newton, por ejemplo, no hubiera hecho más que colocar los cimientos del edificio que terminó Einstein, o por citar un caso aún más extremo, como si Demócrito fuera un antecedente muy primitivo de Dalton y de Bohr. Al presentar estos libros la ciencia del pasado como una mera preparación para la ciencia presente, deben ser reescritos tras cada revolución, ya que entonces hay que volver a describirla como una preparación para llegar a un paradigma diferente.

La ciencia normal proporciona un progreso acumulativo sumamente valorable. Pero el verdadero avance científico se produce cuando un paradigma es sustituido por otro en una revolución científica. Ahora bien, el cambio revolucionario no es acumulativo. En él quedan abandonados o radicalmente reestructurados muchos elementos del viejo paradigma y se producen pérdidas y ganancias. La nueva tradición de ciencia normal que surge tras la revolución ha dejado atrás muchos problemas que la tradición anterior consideraba importantes. Su lenguaje tampoco es ya el mismo, ni lo son sus criterios de evaluación. Kuhn afirma, sin embargo, que los científicos no adoptan el nuevo paradigma si no están convencidos de que resuelve algunos problemas importantes que el viejo no podía resolver, conservando al mismo tiempo una gran parte de su capacidad para resolver los demás problemas (cfr. Kuhn, 1970, pág. 169). Esto parece indicar que los científicos hacen la elección del nuevo paradigma porque perciben una cierta superioridad del mismo en el sentido indicado. No obstante, esta percepción de superioridad no es objetiva puesto que las cosas pueden ser muy distintas si las contemplamos desde el viejo paradigma. De ahí la necesidad de emplear técnicas de persuasión y la insuficiencia de los argumentos lógicos para inducir el cambio.

En consecuencia, no podemos decir que desde un punto de vista neutral (desde el punto de vista de la razón, de la lógica, de la verdad, etc.) el nuevo paradigma signifique un progreso con respecto al anterior. Sólo podemos decir que desde el punto de vista que instaura el nuevo paradigma, éste representa un progreso en comparación con su rival. En realidad, el resultado de una revolución es siempre y necesariamente visto como un progreso, porque el bando vencedor es el que escribe la historia y la cuenta como una victoria de la razón sobre el error. Si esta afirmación de Kuhn suena algo cínica al lector, todavía le queda lo más grave. Kuhn compara explícitamente al científico que trabaja bajo un paradigma con el protagonista de 1984, la novela de George Orwell.

Ambos son víctimas de «una historia reescrita por los que están en el poder» (Kuhn, 1970, pág. 167). Esto equivale a decir que no hay progreso objetivo, sino una apariencia de que lo hay, pero que no es más que el producto de una mistificación histórica.

Hasta aquí hemos hecho una exposición bastante literal de las ideas de Kuhn. Haremos ahora alguna referencia a las críticas que han recibido, aunque reservaremos para después las relativas a la tesis de la inconmensurabilidad.

Podemos comenzar por adelantar que Kuhn no es un racionalista en el sentido que venimos asumiendo. No marca una meta para la ciencia; al contrario, piensa que el progreso científico no se mide por su acercamiento a una meta supuesta, sino por su separación del punto de partida. Tampoco cree que haya criterios objetivos y neutrales para evaluar las teorías rivales. Después veremos que menciona algunos criterios que pueden funcionar como buenas razones para efectuar una elección de teorías, pero considera que su aplicación es siempre subjetiva. Quizá el apelativo de 'irracionalista' sea excesivo en estas circunstancias, dado que suele estar asociado a posiciones mucho más radicales que las de Kuhn. Según parece era una de las acusaciones que más le molestaban, sobre todo cuando se presuponía con ella que su filosofía no otorgaba ningún papel a la razón en la investigación científica o que consideraba a la ciencia como una actividad en muchos casos contraria a la razón, como sí hizo Feyerabend. De hecho, Kuhn sostuvo explícitamente que la ciencia es el mejor modelo que tenemos de racionalidad. En todo caso, no parece que se gane mucho cambiando este apelativo por el menos comprometido históricamente de 'no-racionalista' o el poco sonoro de 'arracionalista'. Basta con que retengamos que el irracionalismo de Kuhn debe entenderse en un sentido preciso, y no como la negación de la racionalidad en la ciencia.

Pero utilicemos el apelativo que utilicemos, para algunos de sus críticos la noción de progreso que Kuhn asume en *La estructura* resulta problemática. Kuhn, como decimos, rechaza la idea de que el cambio revolucionario conduzca a algún tipo de progreso objetivo hacia una meta. Cree asimismo que para que la comunidad científica termine aceptando que ha habido un progreso son necesarias técnicas persuasivas, ya que los argumentos racionales que puedan esgrimirse para sustentar el nuevo paradigma son circulares. Sin embargo, por otro lado, encontramos también en esta obra pasajes que señalan hacia un cierto progreso objetivo en la ciencia. Así, Kuhn se muestra convencido de que a lo largo de la historia, la sucesión de períodos de ciencia normal y revoluciones científicas conduce a una «comprensión cada vez más detallada y refinada de la naturaleza» (Kuhn, 1970, pág. 170). En la posdata de 1969 parece asumir aún con más claridad esta posibilidad. Descarta por completo la tesis realista defendida por Popper, a la que considera incluso carente de sentido. Los cambios de paradigma no llevan a una aproximación progresiva a la verdad, no ofrecen tampoco una convergencia ontológica que nos acerque cada vez más al verdadero mobiliario del mundo. Pero sostiene que hay un progreso «unidireccional e irreversible» en la capacidad de los paradigmas para resolver problemas (cfr. Kuhn, 1970, pág. 206). El progreso científico, al igual que el evolutivo, debe ser

visto, no en función del acercamiento a una meta, sino en función de la separación desde un punto de partida. En otros lugares habla de la consecución de teorías más articuladas, más acordes con la naturaleza [*sic*], más precisas y más especializadas (cfr. Kuhn, 1972a, pág. 20 y 1972b, pág. 264).

Un intérprete acreditado de Kuhn, Hoyningen-Huene, sintetizando esta idea, afirma que esta mayor capacidad para resolver problemas que presentan los nuevos paradigmas tiene tres dimensiones:

En primer lugar, y lo más importante, la [teoría] candidata tiene que ser capaz de hacer frente a los problemas que desencadenaron la crisis. Si una nueva teoría cumple esta tarea con una exactitud mayor que su competidora anterior, este éxito es un argumento fuerte para seleccionar la nueva teoría. En segundo lugar, una nueva teoría tiene que ser capaz de resolver al menos una gran parte de los problemas resueltos por la anterior teoría con una exactitud comparable (o mayor). Sus senderos para estas soluciones pueden ser, sin embargo, sustancialmente diferentes de los aceptados previamente. En tercer lugar, lo que también cuenta para la capacidad de resolución de problemas de la nueva teoría es su capacidad para predecir fenómenos inesperados desde la perspectiva de la vieja teoría (Hoyningen-Huene, 1993, pág. 241).

Parece, por tanto, que hay en Kuhn una convicción clara de que la ciencia es una empresa progresiva en algún sentido objetivo. Sin embargo, ¿cómo compaginar esto con las anteriores afirmaciones acerca del científico como una víctima de una historia contada por los que tienen el poder? Después de todo, si cabe decir que los cambios de paradigma llevan a una capacidad creciente para resolver problemas, ¿por qué no pueden apelar a este aumento de capacidad los partidarios del paradigma vencedor? ¿Por qué los miembros de la comunidad científica no pueden percibir el progreso de ese modo y han de ser, en cambio, adoctrinados en una mistificación? ¿Por qué hay necesidad de inventar una historia en la que, por definición, el paradigma vencedor es el mejor?

La respuesta a estas preguntas, siendo coherentes con las tesis de Kuhn, es que esa mayor capacidad para resolver problemas será juzgada de diferentes maneras por los partidarios de cada paradigma rival, sin posibilidad de llegar a un acuerdo final sobre la cuestión, al menos utilizando sólo argumentos racionales. De acuerdo con sus propios planteamientos, Kuhn no puede decir que el nuevo paradigma sea objetivamente mejor que el anterior porque resuelve más o mejores problemas. Recordemos que el cambio de paradigma implica no sólo un cambio en las teorías, sino en las normas y en los métodos de investigación. Esto hace que cambie también la lista de problemas que se estima necesario resolver y, sobre todo, que cambie lo que se considere una buena solución a un problema (cfr. Kuhn, 1970, págs. 108-109 y 148). De ahí que los partidarios de paradigmas rivales puedan juzgar de diferente manera los logros y fracasos de cada paradigma. Lo que para unos es una anomalía demoledora, para otros es una pequeña dificultad por resolver. Lo que para unos es un importante problema resuelto, para otros es un asunto menor o al que se le ha dado una solu-

ción inaceptable. No hay, en consecuencia, posibilidad de comparar *objetivamente* la capacidad global de resolución de problemas que tiene cada paradigma. Sólo la victoria de un paradigma (que puede deberse meramente a la inexorable renovación generacional de la comunidad científica) hace luego posible contar la historia de que el nuevo paradigma tenía más capacidad para resolver problemas.

Pero si aceptamos esto —objetan sus críticos—, no hay ningún sentido en el que se pueda hablar de un progreso auténtico a través de la historia de la ciencia, ni siquiera de un progreso *desde* la ignorancia hasta una comprensión mejor de la naturaleza. Decir que hemos progresado en nuestros conocimientos científicos se convierte en sinónimo de decir que el paradigma que aceptamos actualmente ha vencido a los anteriores y que, desde él, todo lo anterior es visto como algo superado. La conclusión parece entonces inevitable: hay progreso en la ciencia porque la comunidad científica conviene en que hay progreso. Es aquí donde algunos han visto uno de los puntos más discutibles de las ideas de Kuhn (cfr. Stegmüller, 1983, págs. 306, 313 y 348, Kordig, 1971, págs. 20-22 y 70-78, y Shapere, 1985, págs. 107-108).

Un intento de salvar a Kuhn de estas críticas consiste en subrayar los elementos de continuidad que, según el propio Kuhn, se dan a través de las revoluciones científicas. No todo cambia con el cambio de paradigma. Como nos dice en *La estructura*, «al menos parte de [los] logros [de la ciencia normal] siempre prueban que son permanentes» (Kuhn, 1970, pág. 25). Un cambio de paradigma significa que desaparecen muchos problemas y surgen otros nuevos, e igualmente, que se pierde capacidad explicativa en algún punto y se gana en otro. Pero algunos problemas pueden permanecer inalterados a través del cambio. El problema de calcular con precisión las órbitas de Marte y Venus era común a la teoría ptolemaica y a la copernicana. En la medida en que un paradigma consiga resolver algún problema común que el otro paradigma no resuelve o lo hace de forma menos precisa, cabría hablar de progreso objetivo. Tal es, por ejemplo, la opinión de Hoyningen-Huene:

«Problemas resueltos» se refiere evidentemente de forma primaria a las predicciones teóricas de datos empíricos —en otras palabras, lo que Kuhn también describe como la meta institucional de la ciencia normal. En lo que a estos problemas resueltos concierne, el progreso de la ciencia es *objetivo*, o independiente de las diferentes perspectivas posibles (Hoyningen-Huene, 1993, pág. 262).

Kuhn mismo afirma que los científicos serán reacios a aceptar un nuevo paradigma a menos que éste no consiga resolver algún problema destacado que no haya tenido solución hasta el momento y que no sea capaz de prometer que conservará una gran parte de la capacidad para resolver problemas que han desplegado los paradigmas precedentes (cfr. Kuhn, 1970, pág. 169).

Sin embargo, el crítico tiene todavía razones para dudar. ¿No habíamos quedado en que para Kuhn la elección de teorías implica el uso de argumentos circulares, ya que «la importancia de ciertos problemas y la legitimidad de cier-

tas soluciones no pueden ser evaluadas en aislamiento de las teorías sometidas a discusión» (Hoyningen-Huene, 1993, pág. 253)? Por un lado se nos dice que hay progreso objetivo porque aumenta la capacidad para resolver problemas, y las soluciones a ciertos problemas van siendo mejores con independencia de la perspectiva teórica, pero por otro lado Kuhn sostiene que lo que se considere un problema a resolver y una solución adecuada del mismo depende de cada paradigma, lo cual impide hacer del recuento de problemas resueltos un criterio objetivo de comparación de teorías.

Alexander Bird es uno de los que detecta esta tensión en las tesis de Kuhn:

Si lo que cuenta como resolución de problemas viene definido sólo por los ejemplares, es difícil ver cómo pueden tener lugar las revoluciones tal como Kuhn las describe. Pues si los nuevos candidatos son genuinamente diferentes, no puede considerarse entonces que resuelvan ningún problema existente, precisamente porque la resolución de problemas requiere similitud entre los ejemplares existentes (Bird, 2000, pág. 90).

Para el defensor de Kuhn no hay contradicción entre ambas cosas. Se trata sólo de entender que las discontinuidades no son absolutas. El cambio de paradigmas implica que muchos problemas cambian y, como las soluciones son evaluadas desde la perspectiva de cada paradigma, no puede haber procedimientos universales que determinen la elección de paradigma por parte de los científicos. Pero ocurre también que algunos problemas permanecen a través del cambio y lo mismo sucede con algunos criterios de evaluación. Ello permite un juicio comparativo entre paradigmas rivales que no es ni arbitrario ni caprichoso, sino que obedece a buenas razones.

Por esto mismo Kuhn protestó viva y reiteradamente contra la acusación de irracionalismo. Él concebía su filosofía como «un intento de mostrar que las teorías de racionalidad existentes no son lo bastante acertadas y que debemos reajustarlas o cambiarlas para explicar por qué la ciencia trabaja como lo hace» (Kuhn, 1972b, pág. 264). Es decir, su propósito era ampliar el concepto de racionalidad más que desterrarlo o marginarlo. Kuhn reconoce que los científicos utilizan argumentos racionales para explicar por qué aceptan una teoría en lugar de la teoría rival. Argumentos que se fundamentan en criterios tradicionalmente empleados para la evaluación de teorías, como pueden ser la exactitud, la coherencia, el alcance, la simplicidad y la fecundidad. El hecho de que, según su descripción del cambio de teorías, los científicos acudan a la persuasión más que a la demostración no significa que se comporten irracionalmente, porque la racionalidad no se reduce al uso de la lógica. Lo que sucede es que la elección de teorías rivales no es algo que pueda ser equiparado a una inferencia lógica. Los criterios de evaluación, incluido el apoyo experimental, funcionan como valores, no como reglas, y no determinan el juicio de los científicos; y los factores externos (sociales, psicológicos, políticos, culturales, etc.) influyen también de manera muy notable en dicho juicio. Él no creía que eso fuera abrir la puerta a la irracionalidad ni hacer de la elección de teorías una decisión sin base (aunque admite alguna responsabilidad en haber dado pie a esa confu-

sión). Se trataría sólo de reconocer que no hay algoritmos para la decisión en la elección de teorías y que los criterios de elección, al funcionar como valores, ni son aceptados en el mismo orden jerárquico por toda la comunidad científica (lo que da lugar a conflicto de valores) ni son aplicados del mismo modo por todos los científicos. En otras palabras, por un lado habrá quien prefiera, por ejemplo, teorías más simples a teorías más precisas; y, por otro lado, la simplicidad o la precisión pretendidas de una teoría no serán reconocidas necesariamente por todos.

Si se dan por buenas estas explicaciones de Kuhn, la acusación de irracionalismo pierde gran parte de su peso. Pero eso no impide que, desde la fecha de su publicación, muchos lectores de *La estructura de las revoluciones científicas* hayan encontrado motivos para pensar que su autor pretendía consciente y voluntariamente algo más radical que ensanchar nuestro concepto de racionalidad científica. El racionalismo, por muy generosamente que sea entendido, no parece encajar con la comparación de los cambios de paradigma con los cambios de *Gestalt*; o con la comparación de las revoluciones científicas con las revoluciones políticas, en el sentido de que en la elección de paradigma «no hay norma superior al asentimiento de la comunidad pertinente» (Kuhn, 1970, pág. 94). Kuhn llega decir que la experiencia individual de un científico que cambia de paradigma es la de una experiencia de conversión. Pero es habitual que los partidarios de cada paradigma no den su brazo a torcer y que el nuevo paradigma termine triunfando sencillamente porque, por razones de promoción profesional, suele contar con el apoyo de los científicos más jóvenes, y éstos terminan por ocupar las cátedras que ocupaban los defensores del viejo paradigma. Nada de esto suena ciertamente a racionalismo. Por eso hay quien piensa que el último Kuhn está en realidad desmintiendo al primero (cfr. Kitcher, 1983).

Otro aspecto central de la filosofía de Kuhn que ha sido objeto de fuertes críticas es su concepto de ciencia normal. Entre los críticos están Popper, Feyerabend y Laudan. El concepto de ciencia normal es algo completamente opuesto al principio de proliferación de teorías, en cuya defensa coinciden Popper y Feyerabend. Laudan por su parte aduce principalmente razones de tipo histórico.

En 1965 se celebró en Londres un congreso internacional sobre filosofía de la ciencia que marcó historia. En él se confrontaron de una forma decidida las diferentes concepciones de la ciencia mantenidas por Kuhn de un lado, y por Popper, Toulmin, Lakatos y Feyerabend del otro lado. Una parte de los trabajos de este congreso quedó recogida en el libro editado por Lakatos y Musgrave titulado *La crítica y el desarrollo del conocimiento*. La contribución de Popper llevaba por título «La ciencia normal y sus peligros» y la del popperiano John Watkins era aún más directa: «Contra la ciencia normal.» En ellas se sometía a un fuerte embate este concepto kuhniano.

Kuhn ha pasado a la historia como el filósofo de las revoluciones científicas. Pero, si dejamos de lado el tema de la incommensurabilidad en dichas revoluciones, no es ésta su aportación más original. El propio Popper había defendido con anterioridad la tesis de que el cambio científico se produce mediante

rupturas revolucionarias y no mediante acumulación gradual. En cambio, el concepto de ciencia normal es una aportación específicamente kuhniana y chocaba tanto con las posiciones neopositivistas (a pesar de algunas similitudes parciales) como con las popperianas. Kuhn es el primero en subrayar la existencia de largos períodos de investigación bajo el dominio incuestionado de una gran teoría; períodos en los que no se busca la novedad y en los que se produce una acumulación de conocimientos, pero una acumulación relativa a un paradigma, de modo que puede desmoronarse por completo en la siguiente revolución científica. Estos períodos no tienen por qué ser fases aburridas y poco significativas del desarrollo de la ciencia. Ni los resultados obtenidos en ellos tienen por qué ser siempre rutinarios o menores. Entre lo que Kuhn entiende por ciencia normal cabría contar por ejemplo el proyecto 'Genoma Humano' o las investigaciones sobre computación cuántica y sobre los agujeros negros. Buena parte de los trabajos que en la actualidad atraen la imaginación del público a través de los libros de divulgación científica podrían en principio ser clasificados como propios de la ciencia normal kuhniana, al menos en el sentido de que no buscan romper con el marco teórico en el que surgen, sino resolver enigmas.

De lo que Popper y Feyerabend acusan al concepto de ciencia normal es precisamente de conservadurismo. Consideran que Kuhn está promoviendo con él el dogmatismo, la mentalidad acrítica y la sumisión a la autoridad científica establecida (cfr. Sharrock y Read, 2002, págs. 99-126). Popper no niega que exista la ciencia normal, y hasta considera que Kuhn ha realizado una gran aportación a la filosofía de la ciencia realzando su importancia. Lo que a Popper le parece mal es que Kuhn considere «normal» a la ciencia normal, es decir, que le parezca que es una tarea necesaria y encomiable, más que algo digno de censura por representar un verdadero peligro para la ciencia. Los científicos normales son personas poco imaginativas que realizan una tarea de aplicación y no de auténtica creación. Popper piensa que «pocos, si es que hay alguno, de los científicos que han pasado a la historia fueron 'científicos normales' en el sentido de Kuhn» (Popper, 1972, págs. 53-54). Cree además que la distinción entre ciencia normal y ciencia extraordinaria no debe ser tan tajante, y que muchos científicos están situados en una amplia graduación intermedia entre ambos extremos.

Según Popper, el error que está detrás de la noción de ciencia normal kuhniana como dominio incuestionado de un paradigma es lo que él denomina 'el Mito del Marco' (*The Myth of the Framework*). Consiste en afirmar que no es posible la discusión racional a menos que se comparta un lenguaje común y un conjunto común de supuestos, y que ese marco común no puede ser sometido él mismo a crítica (cfr. Popper, 1972, pág. 56 y 1994, págs. 34-35). Frente a ello, Popper sostiene que si bien estamos siempre situados en un cierto marco general, podemos criticarlo y escapar de él en cualquier momento. La discusión crítica es siempre posible, aunque por desgracia haya habido períodos, incluso en la ciencia, en los que haya desaparecido. Es dudoso, sin embargo, que Kuhn pueda ser acusado de algo similar al Mito del Marco, tal como Popper lo pre-

senta. Al fin y al cabo él insiste en que es posible la discusión racional entre defensores de diferentes paradigmas y sostiene que los paradigmas, una vez que se ha entrado en un período de crisis, son objeto de crítica rigurosa.

Por otra parte, cabe argüir que Kuhn no recomendaba ni hacía ningún encomio de la ciencia normal (excepto ocasionalmente, cfr. Kuhn, 1972, pág. 243), sino que se limitaba a describir algo que sucede en la práctica científica nos guste o no. No sabemos cómo sería una ciencia más crítica y más democrática, pero en todo caso, según Kuhn, la ciencia real, la única que tenemos, presenta períodos de ciencia normal, y los presenta con independencia de lo poco conservadores e intelectualmente aventurados que quieran ser los científicos de cada momento. En la ciencia real uno no puede desembarazarse de un paradigma a voluntad; la revolución permanente que propone Popper es algo que simplemente no puede existir. Por muy crítico que se quiera ser, el paradigma no será abandonado por otro mientras no se den las condiciones apropiadas. Pero es que además muy pocos científicos querrán ser críticos con el paradigma mientras no haya razones para ello. Este modo de salvar a Kuhn de la crítica de Popper exige, sin embargo, más estudios histórico-sociológicos que puedan determinar si, en efecto, la ciencia normal que Kuhn dice describir es algo que puede ser detectado en un buen número de episodios históricos concretos.

El caso es que también se ha puesto en cuestión que la historia de la ciencia le dé la razón a Kuhn. Según Feyerabend, lo que ésta muestra es que no existe la ciencia normal y que en cualquier período proliferan las teorías rivales. Feyerabend admite que esta proliferación de teorías se da mezclada también con cierta tenacidad por parte de los científicos. Pero rechaza que haya períodos sucesivos de tenacidad y de proliferación (cfr. Feyerabend, 1972, págs. 207-214). En un sentido similar se expresó también Lakatos, y Laudan se adhirió posteriormente a esta crítica. En su libro *El progreso y sus problemas* éste declara que «prácticamente todos los períodos importantes en la historia de la ciencia se caracterizan tanto por la coexistencia de numerosos paradigmas en competencia, sin que ninguno ejerza la hegemonía sobre el campo, como por la manera persistente y continua en que son debatidos por la comunidad científica los supuestos fundamentales de cada paradigma»; y páginas después añade que Kuhn «no puede señalar ninguna ciencia importante en la que el monopolio de un paradigma haya sido la regla, ni en la que el debate sobre fundamentos haya estado ausente» (Laudan, 1977, págs. 74 y 151).

En parte como consecuencia de estas críticas Kuhn tendió a suavizar el concepto de ciencia normal. A partir de la posdata de 1969, como hemos mencionado, habla de la estructura microcomunitaria de la ciencia, y afirma que las revoluciones no son sucesos raros sino que pueden darse microrrevoluciones en el seno de diferentes subcomunidades con relativa frecuencia. Esto implica, ciertamente, un acercamiento a Popper, aunque continúe habiendo diferencias notables, especialmente en el modo en que se produce la elección de teorías. Y, de nuevo, algunos críticos han estimado que tal acercamiento significa una

disolución en la práctica del concepto de ciencia normal (cfr. Toulmin, 1972 y Musgrave, 1978).

Recientemente, Alexander Bird (2000, págs. 49-61) ha vuelto a cuestionar la plausibilidad histórica del modelo kuhniano de cambio científico. En especial, si se toma en sus trazos iniciales de pequeños cambios acumulativos en la ciencia normal seguidos de grandes cambios revolucionarios. Bird objeta que no todos los cambios que se producen en la ciencia normal son acumulativos, ni todos los cambios revolucionarios implican la revisión del paradigma. Hay cambios pequeños, que se dan en períodos de ciencia normal y, por tanto, no vienen precedidos por crisis, que implican, sin embargo, revisiones del paradigma. Bird cita como ejemplos el descubrimiento de los rayos X por parte de Röntgen y el descubrimiento por parte de Hubble de que el universo está en expansión. Hay, por otra parte, grandes cambios revolucionarios (en el sentido amplio del término, no en el kuhniano, pues éste identifica revolución con cambio de paradigma) que no llevan a la revisión del paradigma, ni presentan especiales problemas de incommensurabilidad. Son revoluciones que ofrecen un cambio acumulativo. Como ejemplos cita la teoría electromagnética de Maxwell, la tabla periódica de Mendeleiev, la teoría cuántica del enlace atómico, el descubrimiento de la estructura molecular del ADN y la teoría de la tectónica de placas. Así pues, no todas las revoluciones científicas vinieron precedidas de una crisis en la ciencia normal. La teoría especial de la relatividad de Einstein sí vino después de una crisis, pero la teoría de la relatividad general, que también fue revolucionaria, no lo hizo. El caso de la estructura del ADN resulta para Bird especialmente revelador de la insuficiencia del modelo kuhniano: «Un descubrimiento que muchos consideran como el más importante del siglo sencillamente no encaja en la descripción que Kuhn hace del desarrollo científico —no se originó con una crisis y, aunque trajo a la existencia importantes campos nuevos de investigación, exigió poca o ninguna revisión de los paradigmas existentes» (Bird, 2000, pág. 60).

Bird señala por ello que la diferencia entre la ciencia normal y la ciencia extraordinaria no es siempre tan grande como Kuhn pretende, y que ciertos episodios históricos sugieren que más bien existe una amplia graduación intermedia entre ambos extremos. Los casos más innovadores de la ciencia normal estarían muy próximos a los casos más conservadores de la ciencia revolucionaria.

4. EL ANARQUISMO EPISTEMOLÓGICO DE PAUL FEYERABEND

El siglo xx no sólo ha presenciado cambios importantes en diferentes disciplinas científicas, de los que los habidos en la física han sido, por el momento, los que más impacto filosófico han tenido. A partir de la Segunda Guerra Mundial se produjo un fenómeno no menos significativo y amplio en sus efectos. Una gran parte de la población en todo el mundo comenzó a experimentar en carne propia cómo la ciencia, a través de la tecnología, iba cambiando para

bien y para mal, a un ritmo mayor que el que muchos podían asimilar, las condiciones de su vida y de su entorno.

Desde la primera mitad del siglo *xix* la ciencia y la tecnología habían tenido ya ciertamente efectos muy importantes en la vida de las personas (iluminación eléctrica, mejoras sanitarias, medios de transporte, industria química), pero estos cambios dejaban todavía fuera a una gran parte de la población, que seguía viviendo como en siglos anteriores, y no fueron lo suficientemente espectaculares o amenazantes como para llamar la atención más que de algunos artistas y de algunos filósofos de especial sensibilidad histórica, como José Ortega y Gasset y Martin Heidegger. A partir de la Segunda Guerra Mundial, sin embargo, se hizo evidente que la supervivencia de la humanidad dependía ya inexorablemente del desarrollo científico y técnico, y que, paradójicamente, nunca como en ese momento había estado tan amenazada la existencia humana debido al enorme poder de destrucción que ese desarrollo ponía en nuestras manos.

La propia investigación científica se fue separando cada vez más del ideal de conocimiento desinteresado y público que todavía permanecía en la mente de muchos científicos. Por poner un ejemplo significativo, una buena parte de los biólogos moleculares norteamericanos son hoy accionistas de empresas biotecnológicas. La unión entre ciencia, industria y poder político se ha ido estrechando cada vez más. La clase política necesita de la ciencia y la tecnología para el mantenimiento del poder militar y económico de los Estados, mientras que los científicos necesitan del apoyo estatal y empresarial para financiar sus investigaciones. Es hoy impensable llevar a cabo alguna investigación seria en algunas disciplinas científicas si no es mediante grandes recursos tecnológicos y económicos, ya sean públicos o privados. A este tipo de investigación, muy diferente de la investigación relativamente individualizada y austera en su financiación que todavía prevalecía a principios del siglo *xx*, se la ha designado como 'Gran Ciencia' o 'megaciencia' (*Big Science*), y también —dado que se vuelve inseparable de su implementación tecnológica— como '*tecnociencia*'. Todo ello ha transformado la imagen pública de la ciencia. El respeto, cuando no reverencia, con la que era contemplada hasta mediados del siglo *xx* ha cedido su lugar a actitudes críticas que han encontrado amplio eco en sectores intelectuales y en la población en general (cfr. Echeverría, 2003).

Paul Feyerabend (1924-1994) fue uno de los primeros filósofos que sintonizaron con los movimientos sociales que en los años 60 iniciaron campañas de protesta contra el sistema político y cultural prevaleciente en los Estados Unidos y en Europa, cuya fuerza atribuían a la alianza entre el poder militar, el poder económico y la ciencia. Feyerabend no presentó un modelo articulado de progreso científico al modo de los anteriormente expuestos, entre otras cosas porque llegó al convencimiento de que la ciencia no era un sistema unificado del que pudieran decirse cosas en general, y, por lo tanto, no tenía sentido proponer un modelo universal de progreso. Su obra estuvo centrada más bien en una crítica de dichos modelos, especialmente del neopositivista y el popperiano. Además, con el tiempo, se ocupó cada vez más del papel de la ciencia en la

sociedad, y de aspectos políticos y sociales relacionados con la ciencia, y menos de cuestiones estrictamente epistemológicas. Sin embargo, Feyerabend hizo también algunas propuestas positivas acerca del modo en que se produce el cambio científico, como la tesis de la inconmensurabilidad de las teorías rivales, que comparte con Kuhn, el pluralismo metodológico y el principio de proliferación de teorías.

En 1987, un artículo de la prestigiosa revista científica *Nature* calificaba a Feyerabend como «el Salvador Dalí de la filosofía» y «el peor enemigo de la ciencia». Esta última fue una acusación injusta que no le reportó precisamente beneficios. Feyerabend se formó como astrónomo y tuvo siempre un vivo interés por la ciencia, como lo muestran sus trabajos sobre la teoría cuántica. Lo que atacaba en sus obras con su ironía infatigable no era la ciencia, sino lo que él consideraba un mito formado en torno a ella, en buena medida a causa de los filósofos. El «mito de la ciencia» es un pequeño «cuento de hadas» que lleva a muchas personas a someterse a la autoridad de la ciencia en ámbitos en los que no debía tener una especial autoridad, sobre todo en el político. Ese «cuento de hadas» dice que la ciencia posee un método riguroso —en realidad el único método correcto— para alcanzar conocimientos verdaderos. Feyerabend dedicó buena parte de sus esfuerzos a explicar que no existe tal método, que la ciencia no dispone de un recurso específico para garantizar siempre sus resultados. En realidad, lejos de ser un enemigo de la ciencia, Feyerabend intentó siempre mejorarla haciéndola más humana, menos dogmática y más democrática.

No obstante, hay que admitir que su estilo sumamente cáustico y sus provocaciones constantes al lector obligan a no tomar literalmente todas sus afirmaciones. En ocasiones su pretensión no es que se le tome en serio en todo lo que dice («mis comentarios —escribe en su autobiografía— pueden leerse al menos de dos modos: en serio y en broma», Feyerabend, 1995, pág. 142), sino poner en ridículo a su adversario, el filósofo racionalista, ya sea en su variante positivista, ya sea en su variante popperiana. Hay también ocasiones en las que lo que desea es poner de manifiesto las consecuencias a las que llevaría el racionalismo si fuera desarrollado coherentemente, y que el racionalista se niega a extraer por considerarlas indeseables. Pero quizá los pasajes más polémicos son aquellos en los que asume directamente la defensa de posturas antirracionalistas, como cuando iguala la ciencia y el mito, o la medicina y el curanderismo; o cuando propone dejar que los padres elijan en las escuelas públicas si sus hijos deben estudiar física y astronomía o magia y astrología; o cuando sugiere que el vudú podría ayudar a enriquecer e incluso revisar nuestros conocimientos de fisiología. Creo que estos pasajes deben ser interpretados como una advertencia al racionalista: hay alternativas que éste ni siquiera se ha parado a considerar y que merecen al menos un conocimiento mayor en lugar de ser desestimadas como absurdas sin ningún argumento. En particular, Feyerabend intenta mostrar que hay tradiciones culturales despreciadas o ignoradas por el racionalista que se las arreglaron muy bien sin ciencia durante mucho tiempo y que no merecen ser arrasadas por el imperialismo cultural de Occidente, entre otras razones porque algunas han ejercido y pueden todavía ejercer una influencia bene-

ficiosa sobre la propia ciencia. Desde la perspectiva de alguna de estas tradiciones, los logros de la ciencia occidental pueden ser juzgados además de un modo mucho menos entusiasta del que el racionalista suele hacerlo.

Feyerabend comenzó siendo primero un positivista y después un popperiano, pero su alejamiento posterior, en la década de los 60, de ambas filosofías fue creciendo hasta volverse frontalmente contra ellas a partir de los 70. Aun así, y pese a las descalificaciones que hizo de Popper, algunas de sus propuestas, como su rechazo del inductivismo, el principio de proliferación de teorías y la necesidad de una crítica constante en la ciencia, mantuvieron un claro sabor popperiano (cfr. Martínez Freire, 1982 y Preston, 1997, págs. 11-12). Su primera obra importante fue un artículo de 1962 titulado «Explicación, reducción y empirismo». En él realiza una crítica profunda de la visión neopositivista de la reducción de teorías y de la explicación científica, e introduce la noción de incommensurabilidad de las teorías. El falsacionismo ingenuo es también criticado por Feyerabend, quien sostiene que «las teorías comprensivas no pueden ser eliminadas por una confrontación directa con los 'hechos'» (Feyerabend, 1981a, pág. 75).

En este artículo esboza ya algo que será un elemento central de su filosofía: el principio de *proliferación de teorías*. «Mientras que la unanimidad de opinión —escribe— puede ser adecuada para una iglesia, o para los seguidores complacientes de un tirano, o de algún otro tipo de 'gran hombre', la variedad de opiniones es una necesidad para la ciencia y, *a fortiori*, para la filosofía» (pág. 76). En obras posteriores Feyerabend desarrolla la tesis de que tanto la metodología inductivista del neopositivismo como la metodología falsacionista popperiana son constricciones que ni favorecen la investigación ni son respetadas realmente por los científicos que han contribuido al progreso de la ciencia. Éste es, de hecho, el tema de su obra principal, el *Tratado contra el método*, publicada en 1975, y en la que nos basaremos para nuestra exposición de lo que fue su pensamiento maduro.

No existe el Método Científico, así, con mayúsculas; no hay un conjunto de normas que sean seguidas universalmente por los científicos para hacer ciencia. En esto se resume dicha obra. Cualquier conjunto de normas metodológicas que queramos seleccionar ha sido incumplido en algún momento de la historia de la ciencia. Y, lo que es más, afortunadamente ha sido así, porque la ciencia progresa gracias a que la razón y las normas metodológicas son dejadas de lado en muchas ocasiones. Si alguien, siguiendo los dictados del racionalismo, se empeña en señalar una norma universal que no inhiba el progreso en la ciencia (aunque lo mejor, según el espíritu de la filosofía de Feyerabend, sería no proponer normas universales, ya que todas son incumplidas), esa norma debería ser «todo vale» (cfr. Feyerabend, 1981b, pág. 12). Feyerabend no está diciendo con ello que cualquier cosa que hagamos puede pasar por científica y que no haya reglas de ningún tipo en la ciencia. Lo que afirma es que los científicos son oportunistas metodológicos, es decir, no se atan a ninguna metodología rígida y permanente, al modo de las ofrecidas por los filósofos de la ciencia, porque todas tienen sus limitaciones, aunque ciertamente su trabajo siga en cada caso

una metodología particular. Feyerabend defiende, pues, un *pluralismo metodológico*: no hay un método en la ciencia, sino una diversidad de métodos aprovechables en unas circunstancias e inútiles en otras. Como acertadamente apunta Miguel Ángel Durán (2001, pág. 22), «el principio de *todo vale* significa que, en unas determinadas circunstancias histórico-científicas, formas determinadas de proceder juzgadas epistemológicamente ilícitas por vulnerar una ley epistemológica establecida podrían; sin embargo, ser beneficiosas para el desarrollo de la ciencia [...]».

Según nos dice Feyerabend, este pluralismo metodológico, así como el principio de proliferación de teorías, tuvieron una de sus fuentes de inspiración en la defensa de la libertad de expresión y de la tolerancia efectuada a mediados del *xix* por John Stuart Mill en *On Liberty*. En esta obra Mill aducía como una de las razones en favor de la libertad de expresión el que, incluso en el caso de que estuviéramos ya en disposición de la verdad, la presentación detallada de una opinión contraria podría significar un desafío que ayudara a mejorar nuestros argumentos y a percibir con más claridad la corrección de nuestras opiniones. «Siempre hay esperanza —escribía Mill— cuando las gentes están forzadas a oír las dos partes, cuando tan sólo oyen una es cuando los errores se convierten en prejuicios y la misma verdad, exagerada hasta la falsedad, cesa de tener los efectos de la verdad» (Mill, 1984, págs. 118-119).

El *anarquismo epistemológico* que Feyerabend propugna (o *dadaísmo epistemológico*, como también lo llama) no es, según esto, un rechazo de cualquier regla o cualquier método en la ciencia. No considera, como el anarquismo ingenuo, que todas las reglas carecen de valor y deben ser abandonadas. El anarquismo epistemológico es una defensa de un uso plural y contextualizado de las reglas, siendo siempre conscientes de que todas las reglas tienen sus limitaciones. A lo que sí se opone radicalmente el anarquista epistemológico es al uso de ideas universales como 'Verdad', 'Razón', 'Justicia' o 'Amor', todas ellas con mayúsculas, aunque como buen dadaísta, a veces pueda actuar como si creyera en ellas, sobre todo si con esto consigue confundir más al racionalista. El anarquismo epistemológico no debe ser entendido tampoco como una nueva verdad en la que creer o como una posición permanentemente válida. Feyerabend lo presenta como una medicina para la epistemología. Una medicina que debería ser abandonada si la epistemología consigue curarse y retorna a una forma de racionalidad más ilustrada y liberal (cfr. Feyerabend, 1982, págs. 32, 147-148 y 192).

La proliferación de teorías, incluyendo teorías contrarias a los hechos supestamente establecidos, y la oposición a la racionalidad dominante y a las teorías aceptadas son los mejores medios para fomentar el progreso. Por esa razón Feyerabend propone que, en las ocasiones en que lo necesite, el científico proceda «contrainductivamente», esto es, desarrollando precisamente teorías inconsistentes con las teorías aceptadas y/o con los hechos establecidos. Hasta el desarrollo de teorías falsadas puede ser útil en un momento dado. Adoptar una metodología pluralista y completamente oportunista, es el mejor modo de hacer avanzar a la ciencia. El proceder contrainductivo viola, evidentemente, la

exigencia neopositivista de que las nuevas teorías sean consistentes con las teorías aceptadas y bien confirmadas. Pero este principio de consistencia, según Feyerabend, es contraproducente para el progreso, porque favorece a la teoría más antigua, no a la mejor. En cambio, el proceder contrainductivo tiene un efecto particularmente saludable: algunos hechos capaces de refutar las teorías aceptadas no podrían haber sido descubiertos si no hubiera sido desde la perspectiva de una nueva teoría que entraba en conflicto con las primeras. Los hechos bien conocidos están constituidos por ideologías más antiguas y el choque con ellos puede ser una señal de progreso. El desarrollo de teorías inconsistentes con las teorías y los hechos establecidos permite así evaluar críticamente los supuestos ocultos que subyacen a las teorías vigentes e impregnan a las observaciones realizadas desde ellas. Al contemplar una teoría vigente desde el alejado punto de vista que ofrece otra teoría inconsistente con ella podemos detectar en la primera fallos que no hubieran emergido sin esa ayuda exterior. Por otra parte, toda teoría tiene o tuvo en algún momento hechos en contra, de modo que no hay que obsesionarse por hacer encajar una nueva teoría con todos los hechos conocidos.

Es digna de apreciar la inversión que Feyerabend realiza con ello del planteamiento popperiano. Para Popper, el choque entre teoría y hechos falsa a la teoría, por eso la nueva teoría, que encaja con ellos, significa un progreso. Para Feyerabend la vieja teoría suele ser la que mejor encaja con los hechos conocidos, por eso el choque de una nueva teoría con ellos puede representar un progreso, en la medida en que la nueva teoría trae consigo hechos nuevos que no coinciden con los anteriores.

Como ilustración de estas tesis Feyerabend cita el caso de la defensa del copernicanismo por parte de Galileo. Los aristotélicos presentaron contra el copernicanismo algunas objeciones interesantes y de difícil réplica. El argumento de la torre es una de ellas. Si la Tierra girara en torno al Sol, una piedra arrojada desde una torre no caería al pie de la misma, sino a una gran distancia en la dirección contraria al movimiento de la Tierra. Según Feyerabend, en su respuesta a este argumento Galileo introdujo, sin que se percibieran como novedades teóricas, como si no fueran más que mero sentido común, interpretaciones naturales que daban apoyo encubierto al copernicanismo, a saber: la idea de que sólo el movimiento relativo es operativo o detectable, y la ley de la inercia circular. Estas interpretaciones naturales son ideas estrechamente conectadas con la observación. En este caso Galileo consigue introducirlas por su plausibilidad inicial y como hipótesis *ad hoc*. Así, Galileo sostuvo que en realidad la piedra cayendo desde la torre presenta un movimiento con dos componentes, uno vertical hacia el pie de la torre y otro en la dirección del movimiento de la tierra (inercia circular). Sólo percibimos el primero porque el segundo es compartido por la piedra y por el observador.

Galileo empleó además técnicas propagandísticas y de persuasión para obtener su victoria sobre los aristotélicos: escribió en italiano en lugar de en latín y apeló a los gustos populares por las nuevas ideas y su oposición a las viejas. Esto muestra que los procedimientos irracionales son con frecuencia necesarios

para que las nuevas ideas se impongan. La oposición a la razón es fuente de progreso. El racionalismo tiene, pues, poco que ver con el progreso de la ciencia. La teoría copernicana, por ejemplo, presentaba tantos problemas o más que la teoría ptolemaica. Si consiguió triunfar sobre ésta fue por estar más acorde con una idea aún más problemática que ellas dos: que las imágenes ofrecidas por el telescopio son fidedignas. Lo racional en este caso habría sido comportarse como los aristotélicos y no dar por buenas las imágenes del cielo obtenidas mediante un instrumento cuya fiabilidad era cuestionable. Muchas ideas novedosas han sobrevivido precisamente debido al empuje que recibieron de factores irracionales (pasiones, prejuicios, errores, etc.) y porque se opusieron con éxito a los preceptos de la razón. Si se hubieran seguido dichos preceptos ideas que hoy consideramos esenciales en la ciencia habrían sido simplemente eliminadas.

Desde la publicación de *Tratado contra el método*, Feyerabend dedicó una atención creciente a las cuestiones relacionadas con el papel político que desempeña la ciencia en la sociedad actual y con los efectos negativos que la autoridad concedida a la misma tiene sobre la democracia. Estas reflexiones fueron una extensión coherente de su antirracionalismo y su dadaísmo epistemológico y le proporcionaron un mayor número de lectores del que habría conseguido sólo con sus trabajos históricos o epistemológicos. A ellas debió su amplio reconocimiento en los movimientos contraculturales.

Feyerabend sostiene que la ciencia no es neutral desde el punto de vista ideológico y cultural. Cuando la ciencia se autoidentifica, como lo hace hoy en día, como el único conocimiento válido, adquiere una función ideológica, ya que busca con ello imponer sus valores y sus prejuicios sobre otros enfoques alternativos. Debe ser tratada entonces como cualquier ideología; dejando total libertad a los individuos para aceptarla o rechazarla. Debe impedirse sobre todo su control permanente del Estado y del proceso educativo. La ciencia debe separarse del Estado al igual que se consiguió la separación entre Iglesia y Estado. Si se sigue concediendo a la ciencia una autoridad intelectual que no le corresponde, en parte se debe al error de pensar que dispone de un método que le permite acceder a la verdad objetiva y ser juez de todas las ideologías, lo cual es falso. Pero la alianza con el Estado ha proporcionado a la ciencia además una autoridad social tan poderosa que se hace necesario volver a situarla en su lugar, incluso por su propio bien, pues de ese modo conseguiríamos una ciencia más humana, más culta y más acorde con una sociedad libre. Feyerabend entiende por sociedad libre, no aquella en la que todos los individuos tienen igualdad de oportunidades para acceder al poder tal como es definido por una determinada tradición (la tradición de la Ciencia Occidental), sino aquella en la cual todas las tradiciones culturales tienen iguales derechos e iguales oportunidades de acceso a la educación y al poder. En esto consiste el *relativismo político* que él defiende y que tiene buen cuidado de distinguir del *relativismo filosófico*, que rechaza explícitamente. El relativismo filosófico sostendría que todas las tradiciones o todas las teorías son igualmente verdaderas o igualmente falsas.

Frente a la opinión común, Feyerabend considera que la ciencia no es intrínsecamente liberadora. Ninguna ideología lo es. Una ideología que durante un tiempo ha sido liberadora puede convertirse en opresora cuando domina sin ningún contrapeso y se convierte en un dogma. Y eso es lo que le ha sucedido a la ciencia, según su opinión. Hubo un tiempo en que sirvió para acabar con el poder de la religión y de la superstición, pero hoy en día es un gran negocio y un tirano que merece ser derrocado, aunque para ello haya que recurrir a alguna falsedad. Urge, pues, un control democrático de la ciencia por parte de los ciudadanos. La autoridad de los expertos no debe prevalecer en cuestiones que afectan a todos, como la energía nuclear, la medicina pública, el reparto de fondos para la investigación, etc.; primero porque nada hay que haga a la ciencia superior a otras formas de conocimiento, y segundo, porque el juicio de los expertos es siempre un juicio interesado. Se puede consultar a los expertos sobre estas cuestiones, pero poniendo siempre en cuestión sus respuestas.

Aparte de por la posesión de un método para alcanzar la verdad, otra razón por la que se suele considerar que la ciencia es superior a otras tradiciones culturales es por sus resultados. Se suele pensar que la ciencia consigue resultados prácticos que no son comparables con los que pueden hallarse en otras tradiciones. Pero, según Feyerabend, esto es un supuesto que no ha recibido un análisis serio. Otras tradiciones han proporcionado también importantes resultados prácticos (piénsese en la acupuntura china), y además, desde la perspectiva de éstas, puede que los resultados de la ciencia no sean tan impresionantes. Al fin y al cabo responden a problemas y finalidades que no son los suyos. Para aquel cuyo objetivo en la vida es salvar su alma, la ciencia es de poca utilidad. Cuando el racionalista defiende la superioridad de la ciencia da por sentado los estándares que hacen de la ciencia algo valioso, pero no se para a pensar que esos estándares son precisamente los que otras tradiciones no aceptan. La supuesta superioridad de la ciencia se debe más a las presiones políticas y militares que a los argumentos. Sencillamente la cultura científico-técnica era la cultura de los conquistadores, y éstos la impusieron sobre otras culturas. La competencia entre ellas no fue igualitaria. Por otra parte, quienes creen en la superioridad práctica de la ciencia sobre otras tradiciones olvidan lo mucho que la ciencia les debe a éstas. Olvidan lo que la ciencia debe al pitagorismo y al platonismo, o lo que la medicina debe al herbarismo, a las comadronas y a los magos y boticarios ambulantes. Pero aunque la ciencia fuera superior a otras culturas y no les debiera nada, no hay ninguna razón por la que deba imponerse sobre ellas y constituirse en la base misma de la sociedad.

Éstas son, en rápida síntesis, las ideas más originales de Feyerabend. Hagamos ahora sobre ellas algo de balance. Puede decirse que el pluralismo metodológico ha sido uno de sus principales legados. Como escribe Preston:

Hay una cierta corriente de pluralismo metodológico en la filosofía contemporánea de la ciencia que puede retrotraerse hasta Feyerabend, y que manifiesta un escepticismo hacia la supuesta 'unidad' de la ciencia. Según esta opinión, no debemos exagerar la uniformidad de las ciencias: ciencias diferen-

tes tienen simultáneamente métodos muy diferentes, y estadios distintos en la historia de una misma ciencia exhiben también métodos diferentes (Preston, 1997, pág. 180).

Esto no quiere decir que los argumentos de Feyerabend a favor del anarquismo epistemológico hayan sido generalmente aceptados. Más bien al contrario. Una cosa es aceptar la pluralidad de métodos en la ciencia y otra que la libertad para seguir cualquier método sea total. Ciertas cosas, pese a todo, no son posibles en la ciencia. Su visión irracionalista del cambio científico ha sido considerada por muchos como una exageración basada sólo en algunos casos históricos de incumplimiento de normas metodológicas que, en realidad, eran normas mucho más flexibles de lo que Feyerabend quería admitir. E incluso algunos historiadores han cuestionado seriamente la interpretación que ofrece de estos casos históricos.

Lo que quizá haya tenido una recepción menos complaciente, si exceptuamos los sectores posmodernistas o contraculturales, han sido sus tesis sobre el papel de la ciencia en la sociedad. Su relativismo cultural adolece de graves dificultades internas. Una preocupación volcada en conseguir la igualdad de oportunidades para todas las tradiciones culturales puede ir en detrimento de la defensa de los derechos del individuo frente a las imposiciones de cualquier tradición cultural. El peligro de que los individuos queden atrapados en tradiciones culturales que imponen sobre ellos constricciones intolerables desde el punto de vista de los derechos humanos no es hoy en día un riesgo menos desdenable y extendido que el de que la ciencia y la tecnología produzcan una homogeneización cultural empobrecedora.

En todo caso, el último Feyerabend matizó de forma significativa las tesis relativistas que le dieron fama. En alguna de sus obras más tardías reconoció que la sugerencia de dejar en paz a las tradiciones culturales distintas de la nuestra es un principio general inútil porque las tradiciones, por su propia naturaleza, intentan siempre ir más allá de sus fronteras con ayuda del poder militar, económico o espiritual. Además, las tradiciones nunca están bien definidas; se entrecruzan unas con otras en redes mundiales. No obstante, Feyerabend propone que aquellas tradiciones que se ven a sí mismas como tales y en las cuales los propios actores marcan sus límites sean consideradas como teniendo un valor intrínseco. Si bien esta recomendación no ha de ser entendida como un principio absoluto. Puede justificarse la imposición y el uso de la fuerza contra una tradición cultural en casos extremos, pero siempre después de haber examinado lo más a fondo posible dicha tradición y habiendo obtenido un conocimiento profundo de ella (cfr. Feyerabend, 1991, págs. 104-107).

En su autobiografía intelectual, titulada *Matando el tiempo* y concluida unas semanas antes de su muerte, mientras que continúa reivindicando el oportunismo metodológico del *Tratado contra el método*, se distancia aún más del relativismo allí defendido:

Considerando cuánto han aprendido unas culturas de otras y con qué ingenio han transformado los materiales reunidos de ese modo, he llegado a la conclusión de que *cada cultura es en potencia todas las culturas*, y que las carac-

terísticas culturales especiales son manifestaciones intercambiables de *una sola naturaleza humana*.

Esta conclusión tiene consecuencias políticas importantes. Significa que las peculiaridades culturales no son sacrosantas. No existe una represión «culturalmente auténtica», ni un asesinato «culturalmente auténtico». Sólo hay represión y asesinato, y ambos deben ser tratados como tales, con determinación si es necesario.

[...] El objetivismo y el relativismo no sólo son insostenibles como filosofías, sino que también son malas guías para una colaboración cultural fructífera (Feyerabend, 1995, págs. 144-145).

5. LA TESIS DE LA INCONMENSURABILIDAD DE LAS TEORÍAS

La inconmensurabilidad es sin duda el problema filosófico más profundo e interesante ligado a la filosofía de Kuhn y Feyerabend, y probablemente una de las aportaciones más importantes de la filosofía de la ciencia a la discusión filosófica del siglo xx. Como escribe Ana Rosa Pérez Ransanz, «en ella se encuentra la raíz de las principales desviaciones respecto de los enfoques tradicionales en filosofía de la ciencia» (Pérez Ransanz, 1999, pág. 71). Y, sin embargo, es también un asunto sumamente controvertido desde que surgió por primera vez hasta nuestros días. Por un lado, existen en la literatura nociones muy dispares acerca de lo que dicho problema significa —propiciados en buena medida por los cambios efectuados por el propio Kuhn en sus posiciones iniciales—; por otro, se ha dicho que su influencia ha ido mucho más allá de lo que la tesis realmente da de sí (cfr. Bird, 2002), e incluso que no existe la inconmensurabilidad en absoluto (cfr. Earman, 1993a y Weinberg, 1998), o que si existe es inocua (cfr. Kitcher, 1983).

La tesis de la inconmensurabilidad de las teorías científicas apareció formulada por primera vez en *La estructura de las revoluciones científicas* y en el ensayo de Feyerabend *Explicación, reducción y empirismo*, ambos publicados en 1962. Kuhn ha reconocido que él y Feyerabend emplearon el término con independencia el uno del otro, pero coincidiendo en lo sustancial. No obstante, Feyerabend hacía de él un uso más restringido (lo aplicaba sólo al lenguaje, y no a los problemas, métodos y normas, como hacía Kuhn), a la vez que más radical (afectaba a todos los términos primitivos de las teorías comprensivas rivales, y no sólo a unos pocos) (cfr. Kuhn, 2002, pág. 48). Al quedar limitada a los aspectos lingüísticos de ciertas teorías, la noción de Feyerabend no incluía como inconmensurables casos que sí caían bajo la de Kuhn, como el de las teorías ptolemaica y copernicana.

En *La estructura*, Kuhn describe así la cuestión:

Los paradigmas sucesivos nos dicen diferentes cosas sobre la población del universo y sobre el comportamiento de esta población. [...] Pero los paradigmas difieren en algo más que en la sustancia, ya que se dirigen no sólo a la naturaleza, sino también de vuelta hacia la ciencia que los produjo. Son la

fuente de los métodos, ámbito de problemas y normas de solución aceptados por una comunidad científica madura en un momento dado. Como resultado, la recepción de un nuevo paradigma hace necesaria a menudo una redefinición de la ciencia correspondiente. Algunos viejos problemas pueden ser relegados a otra ciencia o declarados como «no científicos» en absoluto. Otros que no existían previamente o que eran triviales pueden, con un nuevo paradigma, convertirse en arquetipos mismos del logro científico significativo. Y cuando los problemas cambian, lo hacen también frecuentemente las normas que distinguen las soluciones científicas reales de una mera especulación metafísica, un juego de palabras o un pasatiempo matemático. La tradición de ciencia normal que emerge de una revolución científica no sólo es incompatible, sino a menudo realmente inconmensurable con la tradición anterior. (Kuhn, 1970, pág. 103).

A su vez Feyerabend afirmaba en el ensayo citado que toda teoría general nueva implica cambios en la ontología y en el significado de los términos fundamentales del lenguaje, tanto teórico como observacional, empleado por las teorías anteriores. Puede decirse entonces que dos teorías son inconmensurables en el sentido de que los conceptos de una «no pueden ser definidos sobre la base de los términos descriptivos primitivos de la segunda, ni conectados a través de un enunciado empírico correcto» (Feyerabend, 1981a, pág. 76). Intentaba desmontar así dos principios que subyacían a la concepción neopositivista del progreso científico como reducción de teorías y que Feyerabend considera falsos: el *principio de deducibilidad o de consistencia* y el *principio de invariación del significado*. El primero dice, en lo que a nosotros nos interesa ahora, que todas las teorías exitosas en un dominio dado tienen que ser mutuamente consistentes; el segundo, que los cambios de teorías no deben cambiar el significado de los principales términos descriptivos. En contraste con esto, Feyerabend sostiene que las teorías universales rivales no son lógicamente interconectables, y que el significado de los términos científicos depende de la teoría en que se encuadran y cambia cuando cambia ésta.

Kuhn y Feyerabend basan la tesis de la inconmensurabilidad en algunos principios comunes. En primer lugar, para ambos la sustitución de una gran teoría por otra en el seno de una disciplina científica es un proceso de tipo *revolucionario* que rompe drásticamente con la situación cognitiva anterior y en el que no cabe hablar de acumulación de verdades. En segundo lugar, ambos comparten una concepción *holista* del significado de los términos científicos. El significado de un término vendría dado por el papel que desempeña en la teoría y por el sistema de relaciones conceptuales que establece con los demás términos. Un mismo término puede significar cosas diferentes en el contexto de teorías diferentes. Finalmente, ambos asumen la tesis de la *carga teórica de la observación*. No hay una base puramente observacional que sirva como fundamento neutral para dirimir disputas teóricas. Toda observación presupone la validez de una teoría.

La inconmensurabilidad es el resultado de estos tres elementos, sin que ello deba hacernos perder de vista que Kuhn y Feyerabend llegaron a ella a partir

de estudios históricos y no mediante una reflexión puramente epistemológica (cfr. Oberheim y Hoyningen-Huene, 1997). El holismo del significado implica que el cambio de teorías conlleva un cambio en el significado de los términos empleados en la ciencia, incluidos los observacionales. La visión revolucionaria del cambio de teorías implica que estos cambios de significado pueden ser muy profundos y presentar discontinuidades. La tesis de la carga teórica implica que no es posible acudir a la observación para poder mantener un terreno común en el que fundamentar la red de relaciones significativas entre los términos de una teoría; el cambio de teoría conlleva también un cambio en el significado de los términos observacionales y no sólo en el de los teóricos.

Kuhn toma el término 'inconmensurabilidad' de las matemáticas. En geometría tiene el sentido preciso de la inexistencia de una unidad común de medida con la que medir dos longitudes determinadas. Por ejemplo, la hipotenusa de un triángulo rectángulo isósceles es inconmensurable con sus lados. Si disponemos de una unidad que pueda medir con exactitud uno de sus lados, entonces esa unidad no podrá medir con exactitud la hipotenusa. Quedará un resto que no encajará con dicha unidad. Del mismo modo, la longitud de un círculo es inconmensurable con la longitud de su radio. Podemos tomar unidades de medida que sean cada vez más precisas, y así la comparación entre las longitudes será cada vez mejor, pero nunca será exacta; siempre quedará ese resto que se escapa a la medida común.

Empecemos por aclarar que la inconmensurabilidad de dos teorías no significa la mera incompatibilidad lógica entre ellas, aunque Kuhn se expresó en ocasiones de una forma que propiciaba este malentendido. La incompatibilidad lógica presupone un lenguaje común: una teoría hace afirmaciones que la otra niega. Por tanto, *dos teorías inconmensurables no son teorías que se contradicen*. Todo lo contrario, si se contradicen es porque son conmensurables. Otro error muy común es confundir la inconmensurabilidad con la incomparabilidad de teorías. Kuhn y Feyerabend, pero sobre todo el primero, insistieron repetidas veces en que *dos teorías inconmensurables son comparables en muchos sentidos*. Evidentemente, estamos hablando de teorías rivales. Dejamos de lado los casos triviales de inconmensurabilidad que pueden darse entre teorías que nada tienen que ver entre sí o pertenecientes a disciplinas distintas (por ejemplo, la inconmensurabilidad entre la teoría de la evolución y la mecánica cuántica).

En uno de estos intentos de aclarar su posición Kuhn escribe: «Al aplicar el término 'inconmensurabilidad' a las teorías pretendía únicamente insistir en que no existe ningún lenguaje común en el que ambas puedan ser completamente expresadas y que pueda ser usado en una comparación *punto por punto* entre ellas» (Kuhn, 1976, págs. 190-191). Lo que se excluye es una comparación que venga dada en un lenguaje neutral capaz de recoger sin distorsiones las consecuencias empíricas de ambas teorías (cfr. Kuhn, 1972b, pág. 266). Ahora bien, que dos teorías no puedan ser comparadas *punto por punto* en este sentido no significa que no puedan ser comparadas en absoluto. Tal como vimos en su momento, Kuhn menciona cinco criterios para la comparación de

teorías rivales: exactitud, coherencia, alcance, simplicidad y fecundidad (cfr. Kuhn, 1972b, págs. 261-262 y 1982, cap. 13). Feyerabend habla de criterios formales, como la coherencia, la capacidad predictiva o la economía, y de criterios no formales, como su concordancia con teorías más básicas o con principios metafísicos (cfr. Feyerabend, 1977, pág. 365 y 1982, pág. 76). Aunque en otros lugares es más escéptico y habla sólo de juicios estéticos, juicios de gusto y deseos subjetivos, a lo cual añade con cierta ironía que las cuestiones de gusto no están fuera del alcance de la argumentación (cfr. Feyerabend, 1972, página 228 y 1981b, pág. 281). Lo que sí rechaza Feyerabend explícitamente es la comparación de sus contenidos o de su grado de verosimilitud.

La cuestión es que, ni para Kuhn ni para Feyerabend, estos criterios pueden determinar la decisión por una u otra teoría. Son criterios cuya implementación tiene un componente inevitablemente subjetivo. Kuhn cree que funcionan como valores que pueden entrar en conflicto entre sí y que pueden ser estimados o aplicados de diferentes modos por diferentes científicos en diferentes circunstancias. Por eso, aun cuando dos científicos compartan estos mismos criterios, es posible que lleguen a distintas decisiones acerca de qué teoría es mejor. La elección de teorías es un asunto en el que intervienen una mezcla de factores objetivos (como los criterios señalados, que Kuhn supone ampliamente compartidos) y subjetivos (como la distinta valoración que cada científico pueda hacer de cada uno de ellos y la distinta apreciación acerca de qué teorías los satisfacen mejor). Feyerabend, como casi siempre, lo explica en un tono más radical:

Una teoría puede parecer preferible porque hace numerosas predicciones, pero las predicciones pueden estar basadas en aproximaciones muy atrevidas. O una teoría puede parecer atractiva por su coherencia, pero esta 'armonía interna' puede imposibilitar la obtención de muchos resultados numéricos. Así pues, la transición a criterios que no implican contenido convierte la elección de teorías de una rutina 'racional', 'objetiva' y bastante unidimensional en una decisión compleja que implica preferencias en conflicto, y en la que la propaganda jugará un papel principal, como en todos los casos en los que hay preferencias implicadas (Feyerabend, 1977, págs. 365-366; cfr. 1982, pág. 77).

En resumen, la inconmensurabilidad no debe entenderse como la incomparabilidad de teorías rivales, sino sólo como *cierto tipo de incomparabilidad*. Se trata de la *imposibilidad de comparar de forma detallada, objetiva y neutral el contenido de las teorías en función de la evidencia empírica con el fin de determinar cuál es definitivamente superior o más verdadera*. Ahora bien, este énfasis en los aspectos subjetivos de la comparación y en el carácter idiosincrásico de las razones de los científicos para aceptar una teoría en lugar de la otra (dada la diferente aplicación de los valores compartidos), pone sobre el tapete un problema fundamental que a juicio de algunos ni Kuhn ni Feyerabend consiguen resolver satisfactoriamente: ¿cómo es posible entonces el amplio consenso que se da en la ciencia? (cfr. Laudan, 1996, cap. 5). Algo más diremos sobre este asunto cuando expongamos el modelo de cambio científico de Laudan.

Hemos ya mencionado más arriba que, pese a las fuertes similitudes, hay diferencias entre la concepción que tiene Kuhn y la que tiene Feyerabend de la incommensurabilidad. Para Feyerabend se trataba fundamentalmente de la ausencia de conexiones deductivas entre dos teorías generales, como la teoría medieval del *impetus* y la mecánica newtoniana; o dicho en términos neopositivistas, de la imposibilidad de reducir la una a la otra (cfr. Feyerabend, 1977, pág. 365 y 1962). En cambio, para Kuhn, la incommensurabilidad presenta una triple faceta; al menos inicialmente, en *La estructura de las revoluciones científicas*, pues a partir de los 70 pondría el énfasis sólo en la primera de ellas (cfr. Kitcher 1983 y Hoyningen-Huene, 1993, págs. 208-212).

En primer lugar, la incommensurabilidad es una cuestión *semántica*, algo que afecta al vocabulario de las teorías, y en particular al significado de algunos de sus términos. Kuhn considera que no hay un lenguaje común en el que expresar teorías rivales. Se equivocaban los neopositivistas al creer que existe un lenguaje observacional conectado directamente con la experiencia e incontaminado de toda teoría. La observación es siempre deudora de una teoría. No hay datos empíricos neutrales entre dos paradigmas porque precisamente son los paradigmas los que indican qué es lo que se está observando. Tampoco existe el lenguaje básico popperiano, impregnado en buena medida de teoría, pero neutral en los aspectos esenciales con respecto a cualquier sistema teórico. Pero la inexistencia de este lenguaje neutral al modo neopositivista o al modo popperiano es sólo una muestra del problema fundamental: los lenguajes de ambas teorías son intraducibles entre sí. No es que no quepa intentar ninguna traducción en absoluto; es que cualquier traducción que se haga traicionará a alguna de las teorías, ya que será hecha siempre desde el prisma de una de las teorías rivales y violará ciertos principios fundamentales asumidos por la otra. Esta imposibilidad de una traducción neutral y sin pérdidas entre dos teorías sucesivas implica que tanto la reducción de teorías de la que hablaba el neopositivismo como la comparación del grado de corroboración de la que hablaba Popper son concepciones erróneas del cambio de teoría.

El ejemplo más destacado que Kuhn utiliza en *La estructura* para mostrar que, aunque dos paradigmas rivales contengan los mismos términos, su significado ya no es el mismo es el del término 'masa' en la mecánica de Newton y en la teoría de la relatividad de Einstein (cfr. Kuhn, 1970, págs. 101-102). Es habitual suponer que el término 'masa' tiene la misma referencia en ambas teorías, sólo que la primera nos proporciona una aproximación bastante exacta de lo que sucede cuando los cuerpos se mueven a velocidades muy alejadas de la velocidad de la luz. Sin embargo, con ello se obvia, según Kuhn, algo esencial: la masa newtoniana se conserva, mientras que la einsteiniana es transformable en energía; asimismo, la masa newtoniana no se altera con la velocidad, mientras que la einsteiniana sí lo hace. Ciertamente que a velocidades bajas los resultados numéricos de su medición son prácticamente iguales, pero el concepto de masa newtoniano tiene unas connotaciones que no posee el einsteiniano, y viceversa. Estas connotaciones no pueden ser eliminadas sin que el concepto mismo se diluya. Afirmar que la masa newtoniana es la masa einsteiniana a velocidades pe-

queñas sería asumir que aquella puede variar con la velocidad, y eso es simplemente falso según la física de Newton.

Ahora bien, el hecho de que no se pueda efectuar una traducción adecuada entre paradigmas rivales no hace imposible la comunicación entre sus defensores. En otro lugar Kuhn aclara que el partidario de una teoría puede aprender el lenguaje de la teoría rival y llegar a entender a qué se refieren sus términos. A partir de entonces lo que hará es pensar también en ese nuevo lenguaje sin tener que traducirlo al lenguaje propio, «al igual que uno nota de repente que no está traduciendo, sino pensando en un lenguaje extranjero» (Kuhn, 1972b, pág. 277). Un einsteiniano puede entender el concepto newtoniano de masa y manejarlo adecuadamente, pero lo que no puede es incorporarlo a la teoría que defiende. Como toda persona bilingüe sabe, hay cosas que pueden ser expresadas en un lenguaje y no en otro. Esta intraducibilidad es la que haría del cambio de teoría una experiencia más parecida a una conversión que a una elección racional o una prueba lógica. Se trata de «adoptar un lenguaje nativo diferente y desplegarlo en un mundo correspondientemente diferente» (ibíd.).

En 1982 Kuhn suaviza de forma muy notable sus tesis sobre la intraducibilidad de los lenguajes de teorías rivales. En respuesta a las críticas recibidas puntualiza que lo que siempre tuvo en mente no fue una intraducibilidad radical, sino una 'inconmensurabilidad local'. Sigue sosteniendo la imposibilidad de una traducción neutral y sin pérdidas entre dos teorías rivales, pero subraya que sólo algunos términos están afectados por el cambio de significado y por la intraducibilidad consiguiente; el resto, es decir, la mayoría, funciona de igual manera en ambas teorías. Escribe:

La afirmación de que dos teorías son inconmensurables es más modesta de lo que muchos de sus críticos han supuesto. [...] Los términos que preservan sus significados a través de un cambio de teoría proporcionan una base suficiente para la discusión de las diferencias, y para las comparaciones relevantes en la elección de teorías. Proporcionan incluso [...] una base desde la que explorar los significados de los términos inconmensurables (Kuhn, 1983, pág. 671).

Con esto se suscita, sin embargo, una nueva dificultad: ¿puede encajarse la inconmensurabilidad local con el holismo semántico? Si aceptamos el holismo del significado, unos pocos términos no pueden cambiar sin afectar a los demás en la medida que sea. Una respuesta sería considerar que «sólo se alteran aquellos términos que están directamente interconectados o vinculados, ya sea por pertenecer a un mismo grupo de contraste o por estar insertos en alguna generalización nómica» (Pérez Ransanz, 1999, pág. 114). Pero la coherencia de este «holismo local» es también un problema que permanece abierto en la filosofía de Kuhn.

Un segundo aspecto de la inconmensurabilidad es el que se refiere al cambio en las *normas* para la selección y evaluación de problemas. Es lo que se ha denominado a veces 'inconmensurabilidad metodológica'. Kuhn afirma al res-

pecto: «Al aprender un paradigma, el científico adquiere juntos teorías, métodos y normas, por lo usual en una mezcla inextricable. Por tanto, cuando los paradigmas cambian, se da normalmente un cambio significativo en los criterios para determinar la legitimidad tanto de los problemas como de las soluciones propuestas.» Y es precisamente este cambio en las normas de evaluación lo que hará que los argumentos en favor de cada paradigma sean argumentos circulares, pues «cada paradigma satisface más o menos los criterios que dicta para sí mismo e incumple algunos de los dictados por su oponente» (Kuhn, 1970, págs. 109-110). La inconmensurabilidad metodológica es, pues, la ausencia de normas metodológicas comunes para juzgar los paradigmas rivales. Por eso, a diferencia de lo que sucedía en la ciencia normal, en las revoluciones científicas los argumentos y la apelación a la evidencia empírica ya no funcionan como pruebas, puesto que precisamente ha desaparecido el consenso acerca de cómo evaluarlos. No obstante, también aquí introdujo Kuhn ciertas matizaciones. Recordemos que Kuhn admite la existencia de criterios para la evaluación de teorías rivales, sólo que éstos no funcionan como reglas, sino como valores, y pueden entrar en conflicto entre sí o ser aplicados de formas distintas. La inconmensurabilidad metodológica no consiste en negar tales criterios, sino en creer que «no hay algoritmos neutros para la elección de teorías» (Kuhn, 1970, pág. 200). Ahora bien, entre considerar que los criterios de evaluación de teorías no son algorítmicos y considerar que los argumentos a favor de un paradigma son circulares hay una amplia zona intermedia que Kuhn recorrió en sus trabajos posteriores a *La estructura*.

En tercer lugar, la inconmensurabilidad tiene también una dimensión *ontológica*. El mundo de un paradigma no puede ser casado con el del otro. Los paradigmas rivales postulan entidades muy dispares en el mundo. «En un sentido que soy incapaz de explicar mejor —dice Kuhn—, los proponentes de paradigmas en competencia practican sus investigaciones en mundos diferentes. [...] Al practicar sus investigaciones en mundos diferentes, los dos grupos de científicos ven diferentes cosas cuando miran desde el mismo punto en la misma dirección» (Kuhn, 1970, pág. 150). Aunque Feyerabend afirma que su idea de la inconmensurabilidad se limita sólo a los aspectos semánticos, hay pasajes donde se expresa de modo parecido a Kuhn en lo que se refiere a una inconmensurabilidad ontológica. Escribe:

Dos teorías inconmensurables [...] se refieren a mundos distintos y [...] el cambio (de un mundo a otro) ha sido producido por un desplazamiento de una teoría a otra. [...] [S]abemos que se dan cambios que no son el resultado de una interacción causal entre el objeto y el observador, sino de un cambio en las condiciones mismas que nos permiten hablar de objetos, situaciones o acontecimientos. Apelamos a esta última clase de cambios cuando decimos que un cambio de principios universales ocasiona un cambio en la totalidad del mundo (Feyerabend, 1982, pág. 78-79, cfr. Feyerabend, 1981b, pág. 273).

Este aspecto de la inconmensurabilidad ha resultado muy controvertido y la ambigüedad del propio Kuhn ha dado pie a interpretaciones diversas. Si de-

jamos de lado a los constructivistas sociales —de los que Kuhn afirmó explícitamente que le malinterpretaban—, no son muchos los filósofos y científicos que admitirían de buen grado que un cambio de teoría, por profundo que sea, conlleve en sentido literal un cambio en el mundo. Esto sería volver a alguna forma inaceptable de idealismo. Hoyningen-Huene (1993, págs. 32-35 y 201 y siguientes) interpreta estos cambios de mundo de los que habla Kuhn como cambios en el mundo fenoménico, mientras que se daría una permanencia en el mundo nouménico o mundo-en-sí. No hay que olvidar que Kuhn se definió a sí mismo como un kantiano posdarwinista y que aceptó que tras los cambios en nuestras representaciones mentales hay un sustrato permanente e incognoscible (cfr. Kuhn, 1991, pág. 12). La cuestión es si un cambio de paradigma es suficiente para producir un cambio en el mundo fenoménico. Alexander Bird cree que no. En su opinión, el cambio de conceptos que lleva aparejado el cambio de paradigma sólo conduce a un cambio en lo que la gente *dice* que ve y *cree* que ve, pero esto es una tesis vacía: el cambio de creencias acerca de lo que hay conduce a un cambio acerca de lo que creemos que vemos (cfr. Bird, 2000, págs. 132-133). Hacking (1993, pág. 277) y Sankey (1994, págs. 163 y sigs.) interpretan que lo que no cambia son los individuos, mientras que lo que cambian son las clases. Sharrock y Read (2002, págs. 50-52) consideran que dicha idea es ante todo una metáfora y no debe suponerse que hay detrás ninguna tesis metafísica. Según estos últimos, lo que Kuhn quiere decir en realidad es que después de una revolución es *como si* la naturaleza hubiera cambiado: antes de la revolución los científicos hablaban de unas cosas y después hablan de otras. Más exactamente, si bien el mundo no cambia después de una revolución y los científicos ven las mismas cosas, no es posible expresar de una manera científica y neutral lo que cada uno ve. El Sol no ha cambiado tras la revolución copernicana, pero si se dice que cuando se mira hacia él se ve una estrella, esta afirmación no es neutral, sino que está comprometida con la teoría copernicana.

Son sobre todo los sentidos metodológico y ontológico de la inconmensurabilidad, junto con la afirmación de que la verdad es una cuestión intraparamigmática, los que le acarrearón a Kuhn la acusación de relativismo. La inconmensurabilidad metodológica, en particular, implica que no hay instancia superior de juicio a la que recurrir por encima de los paradigmas. La valoración que se haga dependerá de la aceptación previa de un determinado paradigma.

A partir de los años 80 Kuhn introduce una nueva forma de explicar la inconmensurabilidad que le permite cualificar el sentido semántico de la misma, al tiempo que elimina cualquier interpretación demasiado radical a la que hubiera dado lugar su referencia a los cambios de mundo. La inconmensurabilidad es entendida desde entonces como cambios de taxonomía, es decir, como el despliegue por parte de teorías rivales de categorías taxonómicas no homogéneas acerca de los objetos. La diferencia, por ejemplo, entre la química del flogisto y la química posterior a Lavoisier, o entre la mecánica newtoniana y la mecánica relativista, sería que trabajan con taxonomías distintas y, por tanto, clasifican el mundo de distinta manera, produciéndose una falta de solapamiento parcial entre dichas taxonomías. Los conceptos de clase que constitu-

yen las categorías taxonómicas cambian su significado tras una revolución. Objetos que antes caían bajo un concepto después caen bajo otro: 'planeta' no significa lo mismo (no tiene la misma referencia) en el sistema ptolemaico y en el copernicano; y lo mismo sucede con 'compuesto' y 'mezcla' antes y después de Dalton. O bien lo que un concepto atribuye al mundo en una taxonomía no es lo mismo que le atribuye en otra: 'masa' no significa lo mismo (no implica las mismas propiedades) en la mecánica de Newton y la de Einstein. También pueden desaparecer ciertos conceptos, como fue el caso de 'flogisto'.

Este cambio taxonómico está en la raíz de la intraducibilidad completa del lenguaje de las teorías inconmensurables. Pero no sólo eso, también está en la raíz de lo que Kuhn venía denominando 'cambios de mundo', porque, como señala Pérez Ransanz (1999, pág. 222), las categorías taxonómicas pueden ser también consideradas como *constitutivas* en cierto sentido de las entidades que pueblan el mundo. Frecuentemente, los cambios taxonómicos implicados en una revolución científica pueden dar lugar a algo más que a la aceptación de un nuevo paradigma: son capaces de generar disciplinas y especialidades completamente nuevas (cfr. Kuhn, 1991, págs. 4-8). En la presentación final que Kuhn realiza del núcleo de la tesis de la inconmensurabilidad en su último trabajo publicado en vida aparecen sintetizados los más importantes de los elementos mencionados:

Si dos comunidades difieren en sus vocabularios conceptuales, sus miembros describirán el mundo de forma diferente y harán diferentes generalizaciones sobre él. A veces estas diferencias pueden resolverse importando los conceptos de una al vocabulario conceptual de la otra. Pero si los términos a importar son términos de clases que se solapan con otros términos de clase ya existentes, no será posible ninguna importación, al menos ninguna que permita a ambos términos retener su significado, su proyectabilidad, su estatus como términos de clase. Algunas de las clases que pueblan los mundos de las dos comunidades son entonces irreconciliablemente diferentes, y la diferencia no es ya entre descripciones, sino entre las poblaciones descritas. ¿Es inapropiado en tales circunstancias decir que los miembros de las dos comunidades viven en mundos diferentes? (Kuhn, 1993, pág. 319).

Ciertamente, y pese a los argumentos de Kuhn, un realista contestaría afirmativamente a esta pregunta de la cita, dependiendo de lo que entenderíamos por 'mundos diferentes'. El realista distingue claramente entre un mundo independiente de los sujetos cognoscentes y el mundo tal como es recogido por un sistema conceptual o taxonómico, un lenguaje, un paradigma, etc. (véase sección 7.2). Niiniluoto nombra a lo primero como 'EL MUNDO' y a lo segundo como una 'L-estructura' (cfr. Niiniluoto, 1987a, págs. 141-142). Sólo puede decirse que las categorías taxonómicas son constitutivas de los objetos en el sentido de que EL MUNDO no posee una estructura ontológica acabada y predeterminada, siendo, por tanto la atribución de ontologías algo relativo siempre a una L-estructura. Pero hecha tal distinción, el realista podrá decir que cualquier cambio en nuestras categorías taxonómicas será a lo sumo un cambio de L-estructura, pero no un cambio en EL MUNDO.

Esta es sólo una de las muchas réplicas que ha recibido y, en la medida en que es todavía una cuestión debatida, sigue recibiendo la tesis de la inconmensurabilidad. Mencionaremos a continuación muy brevemente sólo algunas de las más influyentes (otras, particularmente la de Stegmüller y la de Balzer, pueden verse en Pearce, 1987). Nos limitaremos, además, a las que tienen un carácter puramente filosófico, dejando de lado la acusación, también formulada, de que la tesis de la inconmensurabilidad no encaja con lo que la historia de la ciencia nos enseña acerca de los episodios de grandes cambios teóricos (para esta crítica puede verse Caneva, 2000).

Donald Davidson argumentó que la idea de un esquema conceptual radicalmente inconmensurable, es decir, completamente intraducible a nuestro lenguaje, es incoherente. No podemos llamar lenguaje a algo que no puede ser traducido a otros lenguajes. Y no sale mejor parada la idea de una intraducibilidad parcial. Davidson adujo que para poder traducir, si quiera sea parcialmente, un lenguaje distinto, hemos de suponer que compartimos con el hablante del otro lenguaje la mayor parte de las creencias. Sólo así podemos decir que compartimos un buen número de significados: «Si queremos entender a otros, hemos de considerar que están en lo correcto en la mayor parte de los asuntos» (Davidson, 1985, pág. 197). Es esto lo que se conoce como 'Principio de Caridad'. Ahora bien, si el Principio de Caridad es cierto, la inconmensurabilidad no puede tener las consecuencias que Kuhn dice. La debilidad de esta réplica es que resulta dudoso que a Kuhn, especialmente en sus últimos trabajos, pueda atribuírsele la posición genérica que desestima Davidson, y por otra parte, el Principio de Caridad puede llevar a negar la posibilidad misma de teorías erróneas (cfr. Sankey, 1994, cap. 4).

La crítica de Hilary Putnam se puede resumir en la idea de que el cambio de significado no implica cambio de referencia. Por lo tanto, aunque el cambio de teoría llevara aparejado tal cambio de significado, los referentes de los términos empleados podrían seguir siendo los mismos. El término 'masa' puede tener significados diferentes en la teoría de Newton y en la de Einstein, pero eso no impide que se refieran a la misma propiedad de la materia, atribuyéndole, eso sí, características diferentes. Para establecer tal cosa, Putnam se basa en la *teoría causal de la referencia*. Según esta teoría la referencia no viene dada por una descripción del referente de un término, sino por una historia causal que se inicia en el momento en que el término es introducido por primera vez. En concreto, el acto original de bautismo inicia una cadena causal de comunicación que es la responsable de que un término refiera como lo hace.

Putnam estima que la tesis de la inconmensurabilidad confunde concepto con concepción. Dos conceptos pueden ser traducibles el uno al otro a pesar de que estén acompañados de diferentes concepciones sobre aquello a lo que se refieren. Todos estaríamos dispuestos a conceder que el término 'hierba' se refiere en nuestros días a la misma entidad que hace cien años, es decir, a un cierto tipo de plantas. Sin embargo, la palabra 'planta' «está conectada hoy con un cuerpo de creencias bastante distinto del de hace cien años (incluyendo la fotosíntesis, la posibilidad de plantas unicelulares, etc.).» (Putnam, 1982, pág. 200).

Lo mismo podría decirse de términos científicos como 'masa' o 'electrón'. Las creencias que rodeaban al término 'electrón' cuando lo utilizaba Bohr no son las mismas que en la actualidad, pero hay partículas, a las que llamamos también 'electrones', que encajan aproximadamente en la descripción que Bohr daba del electrón. Basándose en el Principio de Caridad de Davidson, Putnam postula un 'Principio de Beneficio de la Duda' para concluir que esas partículas son las mismas a las que se refería Bohr. Este principio establece que «cuando los hablantes especifican mediante una *descripción* un referente para un término que usan y, debido a creencias factuales erróneas que estos hablantes tienen, esta descripción falla al referir, debemos suponer que aceptarían reformulaciones razonables de su descripción» (Putnam, 1976, pág. 182). El problema de esta réplica es que la teoría causal de la referencia parece impedir el cambio de referencia a lo largo del tiempo, cuando es innegable que estos cambios se dan en la realidad. Tampoco parece adecuada para dar cuenta de los fracasos en la referencia, como en el caso del término 'flogisto'. Sigue estando pendiente el desarrollo de una teoría de la referencia que permita hablar de una referencia común a través del cambio de teorías (cfr. Sankey, 1994, pág. 4 y 55, y, para un análisis provechoso de estas cuestiones, véase Niiniluoto, 1999, páginas 120-132 y Bird, 2000, cap. 5).

Finalmente, Laudan (1977, págs. 139-146), pese a coincidir con Kuhn y Feyerabend en descartar que el logro de la verdad sea la meta de la ciencia y que quepa una estimación aceptable de la verosimilitud de las teorías, ha sostenido que hay muchos rasgos de las teorías relevantes para su evaluación que son susceptibles de comparación neutral sin necesidad de recurrir a una traducción entre sus enunciados y, por lo tanto, que la imposibilidad de una traducción perfecta entre teorías rivales no las convierte en inconmensurables. Incluso suponiendo que es correcta la tesis de la carga teórica de la observación, que no hay un lenguaje observacional puro, sin implicaciones teóricas, la comparación objetiva entre teorías rivales resulta factible en muchos aspectos.

En primer lugar, las teorías inconmensurables pueden ser comparadas en su capacidad para resolver problemas. Laudan considera que en algunas ocasiones podemos afirmar que dos teorías rivales se refieren al mismo problema. De hecho, los problemas empíricos, como la predicción de los eclipses, la determinación de las relaciones entre presión y volumen en un gas, el papel del aire en la combustión, etc., son uno de los principales elementos de continuidad en la ciencia, y permanecen inalterados incluso después de cambios grandes en la ontología de la ciencia. Han sido cuestiones que han tenido que resolver teorías (tradiciones de investigación) sucesivas. Es cierto que la tesis ampliamente admitida de la carga teórica de la observación implica que la caracterización de un problema depende siempre de un conjunto de supuestos teóricos; pero estos supuestos no tienen por qué ser los mismos que se utilizan para resolver el problema. Los supuestos empleados en su solución pueden ser distintos de los supuestos correspondientes a las dos teorías rivales. En tales casos, el problema puede ser caracterizado de forma neutral con respecto a ambas, y puede decirse que ambas enfrentan el mismo problema. Tomando

como base esos problemas compartidos se puede realizar una comparación racional y objetiva de las teorías rivales. Ejemplos de problemas compartidos serían, en el caso de los cartesianos y newtonianos, el problema de la caída libre o el de la dirección en el giro de los planetas en torno al Sol. Otro ejemplo muy claro propuesto por Niiniluoto (1999, pág. 121) es el de las observaciones telescópicas. Puede defenderse que están cargadas de teorías de la óptica, pero son neutrales con respecto a la teoría ptolemaica y a la copernicana.

En segundo lugar, Laudan cree que, aun cuando no hubiera forma de determinar nunca que dos paradigmas rivales se refieren al mismo problema, todavía quedaría sitio para una evaluación objetiva de sus méritos relativos basada en su efectividad para resolver problemas propios. Esa comparación tomaría como elementos de juicio el número y la importancia de los problemas resueltos *dentro* de cada uno. Con ello se evita el problema de la imposibilidad de traducir sin pérdidas una teoría a la otra, puesto que la citada efectividad se mide de forma interna. A nadie se le oculta, sin embargo, las dificultades que entraña una medición de este tipo. Una vez que se ha determinado internamente el carácter progresivo o no de una serie de teorías dentro de un paradigma, podría compararse con el grado de progresividad que presenta el paradigma rival. En todo caso, un defensor de la tesis de la inconmensurabilidad podría argumentar que la réplica de Laudan da por sentado lo que dicha tesis precisamente niega: que haya problemas *comunes*, al menos lo suficientemente importantes y numerosos, entre grandes teorías rivales (pero en realidad, ¿no es esto algo permitido por la inconmensurabilidad *local*?). Además, podría poner en duda que la comparación de la capacidad para resolver sus propios problemas pueda decir algo significativo sobre los méritos de las teorías rivales. ¿Cómo determinar, por ejemplo, de forma objetiva la importancia de los problemas resueltos por cada teoría?

Seguramente quedan muchos aspectos por dilucidar en este asunto, pero hay algo que, después del tiempo transcurrido y de las discusiones generadas, parece claro: la inconmensurabilidad ha resultado ser un problema menos grave de lo que en principio pensaron sus críticos, aunque, por ello mismo, menos desafiante para la filosofía de la ciencia anterior. Como hemos visto, no implica necesariamente incomunicabilidad, ni incomparabilidad, ni imposibilidad de interpretación, ni ruptura de la racionalidad (al menos en la intención de Kuhn). Se limita a la falta de solapamiento en ciertas categorías léxicas que impiden una traducción *neutral y sin pérdidas* entre ellas. Pero esto no es nada que un buen traductor (un buen historiador de la ciencia, como el Kuhn autor de *La revolución copernicana*) no pueda solucionar con paráfrasis y glosas más o menos largas y más o menos partidarias, es decir, con interpretaciones (cabe preguntar si no es así toda traducción entre dos lenguajes, cfr. Fernández Moreno, 1998). El problema, en última instancia, se localiza en unos pocos términos. El resto, que se supone que constituye la mayor parte del lenguaje de las dos teorías rivales, puede ser traducido sin problemas.

CAPÍTULO 6

Los nuevos modelos racionalistas

En los años siguientes a 1962, fecha de la publicación de *La estructura de las revoluciones científicas*, filósofos de orientación racionalista intentaron recuperar una imagen del progreso científico que, incorporando las aportaciones más valiosas de esta obra, especialmente su enfoque centrado en la historia de la ciencia, evitara las consecuencias extremas que se seguían de la tesis de la incommensurabilidad y del énfasis kuhniano en las discontinuidades dentro de los períodos revolucionarios.

Así, a finales de los 60 y comienzos de los 70, tras darse a conocer con sus trabajos en filosofía de las matemáticas, Imre Lakatos intentó una revisión del falsacionismo popperiano a la luz de las objeciones de Kuhn. El resultado fue el *falsacionismo metodológico sofisticado*. En él las teorías científicas se consideran integradas en unidades históricas más amplias denominadas '*programas de investigación científica*'. Son esas series históricas de teorías y no las teorías individuales las que debían tomarse como elementos básicos de evaluación en el cambio científico.

Con posterioridad a Lakatos, Larry Laudan elaboró un modelo de cambio científico que, al igual que el de aquél, pretendía mostrar que el cambio científico es un proceso racional donde los haya, recogiendo al mismo tiempo algunas de las aportaciones de Kuhn. La obra principal de Laudan es *El progreso y sus problemas*, de 1977; aunque sus planteamientos han experimentado desde entonces una notable evolución. Como Kuhn y Lakatos, Laudan cree también que las unidades de evaluación y análisis del cambio científico han de ser mayores que las teorías específicas. Él llama a esas unidades más amplias '*tradiciones de investigación*' y pone como ejemplos de ellas el aristotelismo, el cartesianismo, el newtonismo, la teoría de la evolución, la

química del flogisto, la teoría atómica de la materia, la teoría electromagnética de la luz, la psicología freudiana, el conductismo y el mecanicismo biológico.

Dedicaremos este capítulo a exponer y analizar estos dos modelos de cambio científico, que forman también parte del giro historicista en filosofía de la ciencia. Al final del capítulo se incluye un cuadro resumen que recoge las similitudes y diferencias entre todos los modelos de cambio científico que hemos presentado.

1. IMRE LAKATOS: LA METODOLOGÍA DE LOS PROGRAMAS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Lakatos (1922-1974) fue, en un sentido importante, un filósofo popperiano. Su propósito fundamental fue eliminar del falsacionismo, mediante las transformaciones oportunas, sus deficiencias principales y presentar así un rival más fuerte a los ataques de Kuhn y Feyerabend. Pero esto no obsta para que su filosofía presente en muchos aspectos una variación sustancial con respecto a la de Popper (precisamente en aquellos aspectos que más se acerca a la de Kuhn o Feyerabend). Como ha dicho Ian Hacking, Lakatos es un revisor de Popper que mira a Kuhn.

Para Lakatos tiene razón Kuhn frente a Popper al pensar que el cambio científico no se produce por una lucha bilateral entre una teoría y un experimento, sino por una lucha al menos trilateral entre dos teorías rivales y un experimento. Tiene también razón Kuhn en que los científicos, en su trabajo cotidiano de investigación, no buscan ante todo la refutación de las teorías que elaboran o en las que creen, sino más bien su confirmación. Tiene razón Kuhn en que los científicos no son dogmáticos e irracionales cuando en circunstancias normales tienden a ignorar los contraejemplos y a no considerarlos como casos falsadores, sino como simples anomalías o «casos recalcitrantes». Y Finalmente, tiene razón Kuhn en que la unidad de evaluación del progreso científico no deben ser las teorías, sino unidades más amplias.

En cambio, se equivoca Kuhn frente a Popper al pensar que el cambio científico no obedece a criterios metodológicos objetivos y justificables de forma transteórica; que no existe una demarcación entre ciencia y pseudociencia; que la verdad no puede ser tomada ni siquiera como meta ideal a la que tienden a acercarse las teorías a lo largo del desarrollo de la ciencia; y que en la investigación científica normal un solo paradigma consigue el monopolio durante largos períodos de tiempo.

En definitiva, para Lakatos, Kuhn tiene razón al rechazar ciertas ingenuidades y deficiencias en el falsacionismo popperiano, como es, por ejemplo, la rapidez con la que, según éste, la crítica es capaz de destruir una teoría científica; pero no se da cuenta de que un falsacionismo mejorado puede escapar a sus objeciones. Rivadulla (1990, págs. 129-130) ha destacado dos formas en las que el falsacionismo lakatosiano pretende mejorar al popperiano: ofreciendo una

solución positiva al problema de la inducción, esto es, una conexión entre corroboración y verosimilitud, salvando así a Popper de desembocar en el escepticismo, y proponiendo una imagen más racional y más ajustada del desarrollo histórico de la ciencia al introducir el concepto de programa de investigación científica.

Lakatos define su postura como 'falsacionismo metodológico sofisticado'. ¿Qué quiere decir exactamente esta denominación? En su trabajo «La falsación y la metodología de los programas de investigación científica», publicado en 1970, distingue entre dos tipos generales de falsacionismo: el dogmático y el metodológico. El *falsacionismo dogmático*, como Lakatos mismo reconoce, nunca fue defendido realmente por Popper en ninguna publicación, sino que es más bien el resultado de una simplificación de las tesis de Popper efectuada por sus críticos (podría decirse que sólo fue defendida por un Popper imaginario, creado por sus críticos, al que Lakatos designa como Popper_o) (cfr. Lakatos, 1983, pág. 123). Este falsacionismo, aun cuando admite la falibilidad de todas las teorías, se caracteriza por considerar la base empírica como infalible. Es decir, para el falsacionista dogmático, si bien la ciencia no puede probar concluyentemente una teoría, sí puede refutarla concluyentemente, puesto que «existe una base empírica de hechos absolutamente sólida, que puede utilizarse para refutar teorías» (Lakatos, 1983, pág. 23). La honestidad científica consistiría en adelantar un resultado experimental contrario a la teoría que, caso de producirse, llevaría al abandono definitivo de la misma. Este falsacionismo, dice Lakatos, es insostenible porque descansa en dos supuestos falsos y un criterio de demarcación demasiado restringido.

El primer supuesto falso es que existe una frontera natural entre los enunciados teóricos y los observacionales; el segundo es que la observación puede probar la verdad de los enunciados observacionales; y el criterio de demarcación diría que sólo son científicas las teorías que pueden ser refutadas por los hechos.

Lakatos considera que la psicología, la obra de Kant y la de Popper desmienten el primer supuesto, porque muestran que toda observación está cargada de expectativas teóricas y que la mente no es una *tabula rasa*. Por otra parte, el segundo supuesto es desmentido por la lógica. La verdad de los enunciados observacionales no puede ser probada de forma lógica a partir de las observaciones. En cuanto al criterio de demarcación, tampoco funciona, porque «precisamente las teorías más admiradas no prohíben ningún acontecimiento observable» (Lakatos, 1983, pág. 27). Esta última afirmación puede sonar extraña en un falsacionista. Si no prohíben ningún acontecimiento observable ¿cómo podrán ser falsadas alguna vez? La respuesta de Lakatos es que la falsación de tales teorías, de producirse, no se hará por un choque con los hechos, sino como ya apuntamos en el capítulo cuarto, porque haya otra teoría mejor que pueda reemplazarlas. No son los hechos los que falsan a las teorías, sino otras teorías. Esta imposibilidad de refutación meramente empírica es una consecuencia de lo que acabamos de decir. Si no hay una separación natural entre enunciados observacionales y teóricos, ya que toda observación está cargada de

teoría, y si los enunciados observacionales no pueden ser probados por los hechos, y, por tanto, son siempre falibles, el científico puede proteger una teoría (o una parte central de la misma) de la falsación negándose a admitir como verdaderos los enunciados observacionales que chocan con ella o elaborando hipótesis *ad hoc* que eliminen ese choque. La ciencia real no encaja, pues, con el criterio de demarcación del falsacionismo dogmático. El progreso científico exige tenacidad en la defensa de las teorías frente a los intentos de falsación, cosa que este falsacionismo no toma en cuenta.

El segundo tipo de falsacionismo del que habla con Lakatos, el *falsacionismo metodológico*, se subdivide en dos especies: el *falsacionismo metodológico ingenuo* y el *falsacionismo metodológico sofisticado*. El primero habría sido defendido, según Lakatos, por Popper entre la década de los 20 y la de los 50. Éste es el Popper de *La lógica de la investigación científica*, *La miseria del historicismo* y *La sociedad abierta y sus enemigos* (Popper₁, en terminología de Lakatos). El segundo habría sido defendido parcialmente, ya que siempre retuvo elementos del falsacionismo metodológico ingenuo, por Popper a partir de los 50; el Popper de *Conjeturas y refutaciones*, *Conocimiento objetivo* y las obras posteriores (Popper₂, en terminología de Lakatos).

El falsacionismo metodológico ingenuo, al igual que el sofisticado, asume cierto tipo de convencionalismo, y en eso ambos difieren del dogmático. Para el falsacionista metodológico ingenuo no existe una separación tajante entre enunciados teóricos y observacionales, y además el valor de verdad de los enunciados singulares o básicos (los que constituyen la «base empírica» de la ciencia) «no puede ser probado por los hechos, sino que, en algunos casos, puede decidirse por acuerdo» (Lakatos, 1983, pág. 34). A la hora de contrastar las teorías, los enunciados básicos de los que se sirven los científicos para efectuar la contrastación son considerados sólo como conocimiento no problemático aceptado tentativamente: «el veredicto de los científicos experimentales suministra la lista de falsadores 'aceptados'» (Lakatos, 1983, pág. 36). Por eso, para el falsacionista metodológico ingenuo la falsación de una teoría no significa, como para el dogmático, la prueba de la falsedad de la misma. Una teoría falsa puede ser, sin embargo, correcta. De modo que el rechazo de una teoría falsa comporta siempre un riesgo, pues podemos estar abandonando una teoría correcta y aceptando una falsa.

El criterio de demarcación que surge ahora es mucho más liberal que el anterior y deja pasar más teorías. Según el nuevo criterio, son científicas aquellas teorías que tienen una «base empírica» (nótese las comillas, que indican que ahora la base empírica no se considera probada por los hechos). Es decir, se consideran científicas las teorías susceptibles de ser falsadas no por los hechos, no por enunciados probados a partir de la experiencia, sino por enunciados básicos aceptados convencionalmente.

El falsacionismo metodológico ingenuo supone un avance con respecto al falsacionismo dogmático, pero presenta para Lakatos todavía notables insuficiencias. El destino de las teorías está en manos de decisiones afortunadas, y esto comporta un riesgo de extravío. Riesgo que para Lakatos es tan grande

que urge reducir el elemento convencional. Además de esto, el falsacionismo ingenuo, como le ocurría también al dogmático, choca con lo que realmente ha sucedido y sucede en la ciencia, sobre todo con el hecho de que a veces los científicos se oponen a la falsación de una teoría a pesar de haber aceptado alguna evidencia en su contra (véase sección 4.5).

La superación del falsacionismo ingenuo habría sido ya iniciada por el propio Popper y la pretensión de Lakatos es llevarla a su culminación con el *falsacionismo metodológico sofisticado*. Este tipo de falsacionismo difiere de los anteriores en su criterio de demarcación y en el modo en que considera que se produce la falsación. Una teoría no queda falsada porque aceptemos algún enunciado básico que la contradiga, sino porque disponemos de otra teoría mejor; lo que para Lakatos significa que tiene más contenido empírico y parte de este exceso de contenido resulta corroborado. En otras palabras, una teoría queda falsada si disponemos de otra capaz de predecir hechos nuevos y estas predicciones son verificadas. El criterio de demarcación sólo exigirá que las teorías científicas sean falsables en este sentido sofisticado.

La falsación sofisticada depende, por tanto, de la aparición de nuevas y mejores teorías; no es una relación entre un enunciado básico y una teoría, sino entre varias teorías rivales y ciertas evidencias corroboradoras de los contenidos excedentes de las nuevas teorías. Por eso, lo que importa realmente para el progreso de la ciencia es la proliferación de teorías, más que la búsqueda de contraejemplos. Por otra parte, para el falsacionismo sofisticado una teoría nunca se evalúa por sí sola. Se evalúa junto con una diversidad de hipótesis auxiliares y condiciones iniciales, y, sobre todo, en unión de sus predecesoras, «de forma que se pueda apreciar la clase de *cambio* que la originó» (Lakatos, 1983, pág. 48). De ahí que, según Lakatos —y éste, como vimos en el Capítulo 4, es un punto central que le aleja de Popper—, la falsación posea fundamentalmente un carácter histórico. Una teoría podría servir para falsar a una teoría rival en ciertas circunstancias históricas pero no servir en otras (cfr. Lakatos, 1987, pág. 240).

Otro rasgo distintivo del falsacionismo sofisticado es el papel crucial que desempeña la corroboración de los nuevos contenidos. Lo relevante para una nueva teoría no es saber si cuenta con muchas evidencias a su favor (inductivismo) ni si pasó con éxito pruebas que las anteriores no superaron (falsacionismo ingenuo), sino saber si predijo con éxito hechos *nuevos*. A diferencia de lo que mantiene el inductivista estricto, el poder probatorio de una evidencia a favor de una teoría depende de si era conocida o no antes de proponer dicha teoría. Si la evidencia había sido anticipada por la teoría y era desconocida con anterioridad, tiene mucha más fuerza probatoria.

El modelo de cambio científico que Lakatos propone como consecuencia de las tesis del falsacionismo sofisticado es bautizado por él mismo como 'metodología de los programas de investigación científica'. Un programa de investigación científica es una serie de teorías en desarrollo, relacionadas entre sí histórica y lógicamente, de modo que las últimas surgen de las precedentes. Está constituido por tres componentes básicos:

1. Un centro o *núcleo firme* (*hard core*) convencionalmente aceptado y delimitado, y considerado irrefutable provisionalmente. Está constituido por unos pocos postulados teóricos compartidos por las teorías sucesivas que conforman el programa de investigación. Lakatos llega a hablar en algún momento de un máximo de cinco postulados (cfr. Lakatos, 1999, pág. 103).
2. Un *cinturón protector* (*protective belt*) de hipótesis auxiliares que son modificadas constantemente y abandonadas en caso de que sea necesario para proteger el núcleo de una posible falsación. Son ellas las que reciben el choque con los hechos y a las primeras que se atribuye la responsabilidad del mismo. Mientras que el núcleo duro permanece constante (o casi, ya que puede recibir supuestos añadidos), es el cinturón protector el que cambia con el tiempo.
3. Una *heurística* o conjunto de herramientas conceptuales y reglas metodológicas con dos vertientes: positiva y negativa. La *heurística negativa* dice qué cosas deben evitarse, e impide fundamentalmente que se aplique contra el núcleo el impacto de un conflicto con la experiencia, dirigiéndolo hacia el cinturón protector. La *heurística positiva* es un conjunto de técnicas para solucionar y resolver problemas o, si se quiere, un conjunto de pistas sobre cómo cambiar o modificar el cinturón protector. La selección de problemas en un programa de investigación viene dada por la heurística positiva y no por las anomalías que éste pueda presentar. Sólo cuando se debilita la fuerza de la heurística positiva en una fase degenerativa del programa, se ocupan los científicos seriamente de las anomalías.

Si tomamos como ejemplo el programa de investigación newtoniano, su centro firme estaría formado por las tres leyes del movimiento más la ley de gravitación; el cinturón protector incluiría hipótesis auxiliares como la óptica geométrica, la teoría newtoniana sobre la refracción atmosférica, la masa de los planetas, etc.; la heurística negativa sería el mandato de no tocar el centro firme, sino las hipótesis auxiliares, y la heurística positiva incluiría, entre otras cosas, el aparato matemático del programa (cálculo diferencial) junto con principios ontológicos tales como «esencialmente los planetas son superficies gravitatorias en rotación con una forma aproximadamente esférica» (cfr. Lakatos, 1983, págs. 65-72 y 230).

En el Capítulo 4 explicamos que los programas de investigación científica no se abandonan porque resulten falsados en el sentido popperiano. Pueden abandonarse sin que haya habido una falsación previa y pueden mantenerse, como decía Kuhn, pese a contar con diversos ejemplos falsadores, con diversas anomalías. Todos los programas de investigación tienen anomalías. La falsación no es ni necesaria ni suficiente para que se produzca un cambio científico. Veamos a continuación con más detalle cómo se produce el cambio científico según la metodología lakatosiana, es decir, cómo sustituye un programa de investigación científica a otro, y en especial, si existen criterios objetivos para decidir esa sustitución.

Para empezar, Lakatos coincide con Popper y Feyerabend en mirar con recelo la posibilidad que un programa de investigación consiga el monopolio y se

convierta en una especie de cosmovisión científica. La «ciencia normal» de Kuhn debe ser desterrada. De hecho, rara vez ha sucedido que un programa de investigación domine de ese modo. Escribe:

La historia de la ciencia ha sido y debe ser una historia de programas de investigación que compiten (o si se prefiere, de «paradigmas»), pero no ha sido ni debe convertirse en una sucesión de períodos de ciencia normal; cuanto antes comience la competencia tanto mejor para el progreso. El «pluralismo teórico» es mejor que el «monismo teórico»; sobre este tema Popper y Feyerabend tienen razón y Kuhn está equivocado (Lakatos, 1983, pág. 92).

Ahora bien, dada esta competencia constante entre programas de investigación rivales tiene que haber un modo de decidir cuándo uno ha superado a otro. Lakatos cree que esto no lo puede decidir ningún experimento crucial, *pace* Popper. Los experimentos cruciales son aquellos capaces de falsar un programa y corroborar otro. Popper vio en ellos el instrumento más destacado para conseguir el cambio de teorías en la ciencia. Lakatos, sin embargo, cree que no existen, que son puros mitos, al menos en el modo en que los ve Popper (cfr. Lakatos, 1983, pág. 114). A lo sumo, un experimento crucial puede servir, dentro de un programa, para decidir entre dos versiones del mismo; no para decidir entre un programa y su rival. Para entender esto basta con recordar lo que ya hemos dicho acerca de la crítica de Lakatos contra el falsacionismo ingenuo. Los científicos tienden a considerar los «contraejemplos» como simples anomalías, y no abandonan un programa sólo por ellas, pues todos las presentan. Cuando el programa con el que el experimento entra en conflicto es por añadidura un programa joven y que está creciendo rápidamente, el experimento es ignorado sin más (cfr. Lakatos, 1983, pág. 96). En realidad, los experimentos cruciales son títulos honoríficos que se les dan retrospectivamente a ciertos experimentos que fueron considerados en su día como simples anomalías pero que, con el transcurso del tiempo, el surgimiento de una teoría mejor, y el abandono de la teoría anterior, son vistos a una nueva luz y adquieren un rango superior: «La conducta anómala del perihelio de Mercurio era conocida desde hacía décadas como una de las muchas dificultades no resueltas del programa de Newton, pero fue el hecho de que la teoría de Einstein la explicó mejor, lo que transformó a una anomalía vulgar en una 'refutación' brillante del programa de investigación de Newton» (Lakatos, 1983, pág. 97).

Si no hay experimentos cruciales ¿cómo son evaluados entonces los programas rivales? La respuesta a esto está en el criterio de progresividad o regresividad de un programa de investigación, que ya conocemos. Si un programa explica de forma progresiva más hechos que otro programa rival (si predice todo lo que predice su rival y algunas cosas más que se ven luego confirmadas), supera a este último, el cual puede ser abandonado (o archivado si se prefiere), pues se considera que ha sido «falsado» (en sentido sofisticado). Las revoluciones científicas se producen de forma muy distinta a la descrita por Kuhn. Simplemente ocurre que «si tenemos dos programas de investigación rivales y uno

de ellos progresa, mientras que el otro degenera, los científicos tienden a alinearse con el programa progresivo» (Lakatos, 1983, pág. 15). Este alineamiento no obedece a la propaganda o a un fenómeno de conversión análogo a la conversión religiosa, como parece pensar Kuhn. Obedece a razones objetivas: hay un exceso de contenido confirmado en el programa progresivo y un despliegue adicional de poder heurístico, esto es, el programa progresivo es capaz de suscitar nuevos problemas y de desarrollar nuevos conceptos y teorías. Aunque sólo se pueda hacer con una perspectiva temporal a largo plazo, es posible determinar de forma objetiva si un programa de investigación es progresivo o regresivo frente a otro. Por lo tanto, según Lakatos, «la historia de la ciencia refuta tanto a Popper como a Kuhn; cuando son examinados de cerca, resulta que tanto los experimentos cruciales popperianos como las revoluciones de Kuhn son mitos» (Lakatos, 1983, pág. 16).

No cabe, sin embargo, una resolución inmediata de estas cuestiones. La «racionalidad instantánea» es imposible: «pueden transcurrir décadas antes de que los programas despeguen del suelo y se hagan empíricamente progresivos» (ibíd.). Por eso se debe ser benévolo con los programas en desarrollo y darles siempre una oportunidad. Del mismo modo que no hay por qué ser fiel a un programa de investigación hasta que haya agotado todo su poder heurístico, tampoco se debe rechazar un programa joven porque éste no haya podido por el momento ser progresivo y superar a su rival. Debe existir en la ciencia una cierta «tolerancia metodológica» que permita que los programas más débiles sean protegidos de los más fuertes durante un tiempo, o, como Lakatos dice, de manera que los programas puedan recuperarse «de sus enfermedades infantiles, tales como los fundamentos inconsistentes y las estrategias ocasionales *ad hoc*» (Lakatos, 1983, pág. 193).

Un aspecto bastante significativo del cambio científico en el que el falsacionismo sofisticado de Lakatos aspira también a presentarse como superador del de Popper, aunque es discutible que lo consiga, es el de la conexión entre la aceptación o el rechazo de las nuevas teorías y la idea de un acercamiento progresivo a la verdad. Ya vimos que Popper no logró establecer una conexión satisfactoria entre corroboración y verosimilitud a pesar de sus intentos. Y no lo consiguió, según Lakatos, porque para ello es necesario postular una suerte de «principio inductivo». ¿Qué nos permite afirmar que los éxitos de una teoría deben interpretarse como señal del crecimiento del conocimiento? ¿Cómo decir que las victorias del pasado otorgan apoyo a la teoría y son una cierta garantía para su futuro? En definitiva, ¿cómo reconocer los indicios de que nos acercamos a la verdad viendo el historial de las teorías? Esto sólo puede hacerse, afirma Lakatos, «con ayuda de un *principio* adicional, sintético *inductivo* (o si se quiere, cuasi-inductivo) que [...] debe fundamentarse en alguna correlación entre el 'grado de corroboración' y el 'grado de verosimilitud'» (Lakatos, 1983, pág. 207).

Supongamos que hasta el momento las teorías mejor corroboradas son también las más verosímiles. Basándose en ello, el principio sostendría que la corroboración creciente de una teoría es un signo de verosimilitud creciente, o

dicho de otra manera, que las contrastaciones que la teoría ha superado en el pasado son un indicio de su aptitud para sobrevivir en el futuro. Se trataría de un principio metafísico aceptado no de modo apriorístico, sino de modo conjetural y «sin creer en él» (cfr. Lakatos, 1987, pág. 251 y 257). Ello permitiría evitar que la filosofía de Popper desembocara en el escepticismo y el anarquismo feyerabendiano. Ahora bien, ¿qué significa exactamente esto que afirma Lakatos de aceptar el principio inductivo pero sin creer en él? Cabría decir con Newton-Smith (1987, pág. 113) que si no se cree en él, no podrá justificar ninguna conexión entre corroboración y verosimilitud. El problema es que Lakatos asume un convencionalismo sobre la base empírica de la ciencia similar al de Popper que le cierra el paso a un inductivismo lo suficientemente fuerte como para poder justificar dicha conexión (cfr. Zahar, 2001).

Hay aún una faceta de la metodología de los programas de investigación científica que conviene destacar. Esta metodología lleva consigo una forma peculiar de entender la historia de la ciencia; en concreto, establece una distinción nítida entre la historia interna y la historia externa de la ciencia, e intenta que dentro de la historia interna quede tanto como sea posible de la historia real de la ciencia. En este sentido, la metodología de los programas de investigación científica se declara capaz de integrar como internos muchos aspectos de la historia de la ciencia que otras metodologías dejaban como externos. Pero para apreciar esto es necesario aclarar qué entiende Lakatos por historia interna y externa.

Estos dos conceptos tienen su origen en el debate historiográfico y ocuparon también un lugar importante en los análisis kuhnianos de la historia. En su trabajo de 1968 titulado «Historia de la ciencia», Kuhn había escrito que el enfoque interno de la ciencia se ocupa de ésta como conocimiento, centrándose en la relación entre las ideas científicas, y entre éstas y las ideas filosóficas y religiosas. Es una historia puramente intelectual donde lo que cuenta es el contenido de las teorías y los experimentos. En cambio, la historia externa se ocupa de los científicos como grupo social dentro de una cultura. Estudia las instituciones científicas, el sistema educativo, las relaciones entre la ciencia y la sociedad, entre la ciencia y la industria o la economía, entre la ciencia y el poder político, etc. (cfr. Kuhn, 1982, pág. 134). Para Kuhn ambos enfoques son distintos y quizá no pueden ser integrados por completo; pero son enfoques complementarios. La historia interna es hasta ahora la que ha obtenido más éxito a causa del aislamiento cultural en el que trabajan los practicantes de una ciencia madura, pero sería erróneo pensar por ello que los aspectos esenciales del desarrollo científico pertenecen en exclusiva al enfoque interno. Hay muchos aspectos en los que los factores externos son decisivos. Los historiadores suelen adscribirse a uno de ambos enfoques. Así, el trabajo de Kuhn como historiador se encuadra dentro del enfoque internalista.

Lakatos retoma la idea central de esta caracterización pero introduce modificaciones importantes. La historia interna es para él una historia de los aspectos estrictamente racionales de la ciencia, o, si se prefiere, es una *reconstrucción racional y normativa* de la historia real de la ciencia que muestra el modo en que

los casos históricos de progreso científico obedecieron a criterios metodológicos. La historia externa, por el contrario, es la historia *empírica* de los factores residuales no-rationales. Dado que la historia real de la ciencia nunca es completamente racional, todo enfoque interno debe ser completado con diversas explicaciones provenientes de la historia externa. Ciertos episodios de la historia de la ciencia sólo pueden encontrar un sentido desde la perspectiva externalista. Por ejemplo:

Ninguna teoría de la racionalidad podrá explicar nunca la desaparición de la genética mendeliana de la Rusia soviética en la década de 1950, o las razones por las que algunas escuelas de investigación sobre diferencias raciales genéticas o sobre la economía de la ayuda exterior quedaron desacreditadas en los países anglosajones en la década de 1960. Más aún; para explicar los diferentes ritmos de desarrollo de los distintos programas, puede ser necesario utilizar la historia externa (Lakatos, 1983, pág. 149).

La historia interna selecciona los hechos y los interpreta metodológicamente, llegando incluso a ofrecer una versión radicalmente mejorada de lo que sucedió en realidad. Para la historia externa quedaría explicar los acontecimientos que no encajan en absoluto en esa reconstrucción racional, o aclarar cómo y por qué se desviaron de lo ofrecido por la reconstrucción racional los acontecimientos que lo hicieron. Lakatos afirma que un modo de indicar esta desviación es relatar la historia interna en el texto y aclarar en nota a pie de página los desajustes reales con la misma (cfr. Lakatos, 1983, pág. 156).

Como puede fácilmente inferirse de lo dicho, Lakatos considera que la historia interna es lo principal. Cuanto menos quede para explicar por la historia externa tanto mejor, pues tanto más racional será la imagen ofrecida del desarrollo científico, lo cual, para un racionalista como él, es lo deseable. Esto puede servir, por tanto, como un criterio meta-metodológico para poner a prueba las distintas metodologías normativistas propuestas hasta el momento: el inductivismo, el convencionalismo, el falsacionismo metodológico y su propia metodología de los programas de investigación científica. Puesto que todas funcionan como «programas de investigación historiográficos» y efectúan una reconstrucción racional de la historia de la ciencia, será preferible aquella que encaje mejor con la historia real de la ciencia, o sea, aquella que deje menos episodios históricos por explicar racionalmente. Lakatos argumenta que es la metodología de los programas de investigación científica la que mejor cumple con este requisito. Es ella la que menos residuos no-rationales deja a la historia externa, o lo que es igual, la que muestra como racionales más aspectos del desarrollo de la ciencia. Mucho de lo que para el inductivista, para el convencionalista o para el falsacionista popperiano es irracional (las influencias metafísicas en el primer caso, la elección una teoría cuando es discutible que sea más simple que sus rivales en el segundo caso, la permanencia de programas con anomalías en el tercero) es perfectamente racional para el defensor de la metodología de los programas de investigación científica.

No hace falta decir que esta concepción lakatosiana de la historia ha recibido críticas severas. Para algunos, una historia interna que es una versión muy mejorada de lo realmente sucedido y que ha de ser completada a pie de página con aclaraciones que en el fondo desmienten lo dicho en el texto no deja de ser una extraña mistificación carente de verdadero valor como narración histórica (cfr. Pearce Williams, 1975). Es más, no está tan claro por qué habría de ser preferible una metodología que minimizase la influencia de los factores externos. Habría que averiguar antes qué papel han desempeñado realmente los factores externos en la evolución de la ciencia para ver si deben o no ser minimizados (cfr. Newton-Smith, 1987, pág. 109). Kuhn argumentó que la historia interna de Lakatos es demasiado restringida con respecto al modo en que la entiende el historiador. Deja fuera aspectos que la mayoría de los historiadores consideraría como internos, tales como la idiosincrasia personal del científico, el modo en que se produce la creación científica, la forma que adopta el producto de dicha creación, la ceguera para detectar ciertas consecuencias de una teoría, la producción de errores, etc. Por otra parte, dado que la historia interna de Lakatos no es sino una selección y reconstrucción de hechos a partir de una determinada metodología, nada habrá en ella de lo que pueda aprender el filósofo, excepto lo que previamente éste haya introducido. El filósofo no podrá corregir ni mejorar su propuesta metodológica a la luz de la evidencia histórica, ya que lo que se considera como un episodio de racionalidad científica es únicamente lo que dicta su metodología (cfr. Kuhn, 1971). ¿Qué puede enseñar acerca de la racionalidad de la ciencia una historia en la que es declarado como irracional, sin más indagación, todo lo que no encaje en la metodología preestablecida por el filósofo? Esto presupone además que la racionalidad científica puede ser juzgada en todo momento desde los criterios propuestos en la actualidad.

Pero lo que quizá más hable en contra de la separación tajante entre historia interna y externa tal como la entiende Lakatos es la dificultad para separar en la mayor parte de los casos los factores internos de los externos en la investigación científica. Como también sugiere Kuhn, no hay siquiera acuerdo acerca de qué considerar como un factor interno y qué como un factor externo. Y por supuesto, no todos los filósofos están dispuestos a considerar los factores externos como puramente no-rationales.

Recapitulando, el modelo que propone Lakatos es un modelo racionalista en el sentido que ya explicamos. Según dicho modelo, la ciencia progresa en la medida en que se logran programas de investigación científica cuyas teorías se acercan cada vez más a la verdad (son más verosímiles)¹, y la señal que indica que esto se produce viene dada por el aumento en el grado de corroboración. Pero, a diferencia del modelo popperiano, este aumento en la corroboración no se entiende como el rigor cada vez mayor en los intentos de falsación que una teoría ha pasado con éxito, sino como *la confirmación de los contenidos exceden-*

¹ Esta interpretación de Lakatos ha sido cuestionada por Ian Hacking, 1996, cap. 8.

tes de los nuevos programas, es decir, como la mayor progresividad de dichos programas. Un programa cuyo exceso de contenido con respecto al anterior resulta confirmado es un programa progresivo. El criterio de evaluación y comparación de programas rivales es precisamente el carácter progresivo o regresivo de los mismos. Y es con ese criterio, basado en factores internos, con el que los científicos deciden aceptar o rechazar un programa, por mucho que la decisión pueda tomar un largo tiempo.

A pesar del esfuerzo de Lakatos por aunar en un todo coherente lo mejor del modelo popperiano y de las aportaciones del giro historicista, su modelo nunca gozó de una aceptación amplia por parte de los filósofos de la ciencia, algo que no pudo remediar ni siquiera el empeño de seguidores tan notables como John Worrall o Elie Zahar. Puede que en ello tuviera mucho que ver la prematura muerte de Lakatos, pero también el hecho de que su filosofía tendía a ser vista por unos y por otros, de forma seguramente injusta, como una mera ampliación y desarrollo de las propuestas originales realizadas por Popper, Kuhn o Feyerabend. Ello no quita para que tuviera una gran influencia puntual en algunos autores, como es el caso de Laudan y de Mark Blaug (en filosofía de la economía), o que su insistencia en la importancia de predicciones novedosas en la evaluación de los programas de investigación siga siendo uno de los tópicos centrales en la filosofía de la ciencia actual.

Los aspectos que menos simpatías han despertado, dejando de lado el concepto de historia interna, tienen que ver con la carencia de fuerza normativa del modelo y con su convencionalismo declarado. Sobre el primer asunto ya hicimos algún comentario en el Capítulo 4. Para no extendernos de nuevo en lo dicho, repitamos tan sólo que el modelo de Lakatos no proporciona ninguna regla acerca de cuándo habría que abandonar un programa regresivo para aceptar otro progresivo, ya que cualquier decisión al respecto será racionalmente justificable. En cuanto al segundo, cabe señalar que hay dificultades para encajar el elemento convencionalista de la filosofía de Lakatos, que no sólo afecta a la base empírica, sino que hace irrefutables los núcleos firmes de los programas de investigación, con el elemento realista heredado de Popper que sostiene que en la ciencia se da un aumento de la verosimilitud. También desde un punto de vista histórico resulta implausible el convencionalismo lakatosiano, pues hay casos en los que los científicos han abandonado o cuestionado algunos de los postulados teóricos básicos sin abandonar por ello el programa de investigación en cuyo núcleo se enmarcaba dicho postulado. Un ejemplo reciente podría ser el abandono del gradualismo por parte de algunos teóricos de la evolución defensores del «equilibrio pautado». Para éstos, el cambio evolutivo se da mediante saltos y no a partir de variaciones pequeñas. Se ha dicho en algún momento que esto era tanto como un abandono del darwinismo, pero parece más bien, y así tiende a verlo la comunidad científica de biólogos evolucionistas, el abandono de un supuesto fundamental en la teoría de Darwin sin salirse fuera del programa al que la propia teoría de Darwin dio comienzo.

Hay, por último, una dificultad que el modelo de Lakatos comparte con el de Popper. Para ambos el progreso en el conocimiento científico se basa en el

aumento del contenido empírico de las teorías. En el caso de Lakatos este aumento del contenido empírico se concreta en la predicción de hechos novedosos. Ninguno de los dos proporcionó, sin embargo, una indicación mínimamente útil de cómo medir el contenido empírico de las teorías de modo que pueda compararse el de unas y el de otras, con lo cual la aplicabilidad de dicho criterio de progreso se desvanece (cfr. Grünbaum, 1976b y Laudan, 1977, págs. 77).

2. LARRY LAUDAN: RACIONALIDAD SIN BÚSQUEDA DE LA VERDAD

En el prólogo a la edición española de *El progreso y sus problemas*², y en otros lugares (véase también Laudan, 1996, págs. 77-78), Larry Laudan sostiene que los estudios históricos sobre la ciencia han puesto de relieve una serie de características, ya bien establecidas, del progreso científico y que cualquier modelo normativo de racionalidad científica que pretenda alguna plausibilidad debe dar cuenta de las mismas. Son éstas:

1. Las transiciones de teorías son generalmente no-acumulativas.
2. Las teorías no son rechazadas sólo por tener anomalías ni son aceptadas sólo por haber sido confirmadas.
3. Las cuestiones conceptuales son muy importantes en los cambios de teorías.
4. Los principios específicos de racionalidad científica no son permanentes, sino que han cambiado con el tiempo.
5. La gama de actitudes cognitivas no se reduce a aceptar o rechazar una teoría, sino que incluye también proseguir, mantener, etc.
6. Existe una variedad de niveles de generalidad en la ciencia que va desde las leyes a los marcos conceptuales.
7. Resulta imposible caracterizar el progreso científico como un mayor acercamiento a la verdad.
8. La coexistencia de teorías rivales es la regla y no la excepción, de modo que la evaluación de teorías es un asunto comparativo.

Como es fácil apreciar, estos ocho puntos, recojan o no lo que puede decirse con seguridad desde la historia de la ciencia, lo que sí recogen son tesis fundamentales de Kuhn, Lakatos y de otros promotores del giro historicista en filosofía de la ciencia. Aunque no todos coincidirían en todas ellas. Lakatos rechazaría la tesis (4) y la (7) y Kuhn la (8). La (3) y la (5) son presentadas por Laudan como tesis no reconocidas claramente en modelos anteriores, lo cual es, ciertamente, una exageración. Pero sobre todo, estas ocho tesis nos dan un buen resumen de las líneas maestras del modelo de cambio científico que propone el propio Laudan.

² A partir de ahora, dado que la traducción es buena y para facilitar la tarea al lector, citaré desde esta edición, que se publicó con fecha de 1986.

Siguiendo a Kuhn, con su noción de paradigma, y a Lakatos, con sus programas de investigación, Laudan considera que las unidades de evaluación acerca del progreso científico deben ser las *tradiciones de investigación*, como la teoría atómica o la teoría de la evolución. Los científicos también emplean la palabra 'teoría' para referirse a ellas, pero a diferencia de las teorías específicas, no son directamente contrastables, ya que, además de incluir elementos normativos, son más generales, y por sí mismas no dan lugar a predicciones concretas (cfr. Laudan, 1986-1977, págs. 105-106).

Una tradición de investigación está encarnada por una serie de teorías específicas relacionadas histórica y conceptualmente. No es necesario que tales teorías sean consistentes entre sí, puesto que algunas podrán ser rivales de otras. Por ejemplo, la tradición de investigación mecanicista en la óptica del siglo xvii incluía a las teorías en gran medida incompatibles de Descartes, Hooke, Rohault, Hobbes, Régis y Huygens. Dentro de una tradición de investigación, sin embargo, las teorías comparten al menos una serie de *compromisos ontológicos* acerca del tipo de entidades que se dan en el mundo y un conjunto de *normas metodológicas* acerca de cómo llevar a cabo una investigación. Estos supuestos ontológicos y metodológicos son los que caracterizan a las tradiciones de investigación, por eso Laudan las define como «un conjunto de 'sies' y 'noes' ontológicos y epistemológicos» (Laudan 1986-1977, pág. 115). No obstante, como aclararemos después, no deben interpretarse como supuestos inmutables. Por el contrario, están sujetos a cambios graduales.

Las tradiciones de investigación cumplen las siguientes funciones principales (cfr. Laudan, 1986-1977, pág. 19):

- a) Señalan qué supuestos pueden ser considerados como «conocimiento de fondo» no controvertido.
- b) Ayudan a identificar qué partes de una teoría se encuentran en dificultades y deben ser modificadas.
- c) Establecen reglas para la recogida de datos y la puesta a prueba de teorías.
- d) Plantean problemas conceptuales a toda teoría que, dentro de ella, viole sus postulados ontológicos y epistemológicos.

Las similitudes de las tres primeras funciones con el modelo de Lakatos son evidentes. En las tradiciones de investigación, como en los programas de investigación científica, hay supuestos que se aíslan habitualmente de la discusión y que se asumen sin necesidad de justificación, aunque Laudan cree que incluso estos componentes centrales pueden cambiar lentamente con el tiempo. Por otra parte, los supuestos ontológicos y metodológicos que constituyen una tradición de investigación cumplen una función heurística análoga a la heurística positiva de Lakatos. Proporcionan herramientas y estrategias para desarrollar teorías, o para modificarlas en caso necesario, y permiten delimitar un ámbito de problemas legítimos, señalando dentro de él cuáles son prioritarios. Finalmente, los postulados ontológicos y metodológicos de una tradición de investigación delimitan qué tipos de teorías se pueden desarrollar dentro de ella, excluyendo por anticipado a las que entren en conflicto con dichos postulados, o

bien señalando la existencia de un problema conceptual debido a dicha incompatibilidad.

Las tradiciones de investigación se evalúan en función del éxito de sus teorías constituyentes para alcanzar los objetivos cognitivos de la ciencia. Los modelos racionalistas anteriores centraron estos objetivos en el logro de teorías con un grado creciente de confirmación o con un grado creciente de verosimilitud. Laudan sostiene que dichos modelos han fracasado en su intento de explicar el progreso científico, dado que, al no encajar con la práctica real en la ciencia, terminan por dar la impresión de que la ciencia es en el fondo mucho más irracional de lo que se cree. La verdad o la verosimilitud en especial son *metas utópicas*, puesto que ni siquiera tenemos modo alguno de saber si las estamos alcanzando.

El fracaso de dichos modelos metodológicos obliga al racionalista a buscar una explicación del progreso científico tomando otros objetivos como referencia. En otras palabras, si queremos mantener una visión racional del modo en que los científicos deciden cambiar sus teorías, hemos de renunciar a explicar este cambio viéndolo como un progreso hacia la verdad o hacia teorías cada vez más probables. El precio que hay que pagar por evitar el irracionalismo de Kuhn y Feyerabend sería, por tanto, reconocer con ellos que ni la probabilidad ni la verdad han sido o son metas de la ciencia. En su lugar Laudan propone que consideremos como objetivo principal de la ciencia algo mucho más modesto y sobre lo cual sí cabe hacer una estimación para ver en qué medida lo vamos alcanzando. Dicho objetivo es el logro de teorías con una *gran capacidad para resolver problemas con eficacia*. Con ello Laudan no está afirmando que éste sea el único objetivo de la ciencia. Su postura en este asunto es pluralista: la ciencia tiene fines diversos y cambiantes a lo largo de la historia. Pero cree que si contemplamos el progreso científico de esta manera, como el hecho de que las nuevas teorías resuelven más problemas que sus predecesoras, podremos alcanzar una imagen mucho más satisfactoria que las ofrecidas hasta ahora de la racionalidad de las decisiones de los científicos.

La propuesta de Laudan de tomar la resolución de problemas como criterio de estimación del progreso científico no es novedosa. Recordemos que Kuhn cifraba igualmente el progreso científico en el hecho de que los nuevos paradigmas resuelven más y mejores problemas que sus predecesores. Y podríamos mencionar también la tesis popperiana de que la investigación científica no comienza con observaciones sino con problemas que reclaman una solución tentativa. La diferencia principal entre Laudan y Kuhn en este asunto estaría en que, mientras que para este último el peso y la importancia que los partidarios de paradigmas rivales atribuyen a los problemas científicos puede ser muy diferente, y no cabe al respecto un procedimiento neutral de decisión, para Laudan es posible dar razones objetivas en favor de la mayor importancia epistémica de unos problemas sobre otros (cfr. Laudan, 1984, págs. 96-102).

Para articular su propuesta, Laudan elabora en primer lugar una detallada taxonomía de problemas científicos. Éstos se dividen en dos tipos fundamentales: los problemas empíricos y los problemas conceptuales. Un *problema empí-*

rico es «cualquier cosa acerca del mundo natural que nos sorprende como extraña, o que necesita una explicación». Por lo tanto, un problema empírico necesita para surgir un determinado contexto teórico que lo defina y sobre cuyo fondo se aprecie su carácter problemático. Una variación en ese contexto puede llevar aparejada una variación en este tipo de problemas. Además, «un problema [empírico], para serlo, no necesita describir con precisión un estado de cosas real: todo lo que se requiere es que alguien piense que es un estado de cosas real» (Laudan, 1986/1977, págs. 43 y 44). Esto quiere decir que son los científicos quienes, en función del estado de los conocimientos, determinan qué se considera como un problema empírico y qué no. De este modo, problemas que hoy nos pueden parecer absurdos o inexistentes, pero que fueron considerados como problemas serios en el pasado, deben ser vistos desde un enfoque histórico y filosófico como problemas científicos genuinos. Así, debemos incluir los detalles de la generación espontánea entre los problemas científicos empíricos que la biología de principios del *xix* intentaba resolver, aunque hoy neguemos la existencia de la generación espontánea. Algunos críticos han objetado que si todo lo que se necesita para que surja un problema empírico es que alguien lo perciba como problema real, entonces la ciencia podría plagarse de problemas elegidos arbitrariamente. No obstante, es importante notar que Laudan también dice que estos problemas surgen en el seno de una tradición y sobre el fondo de un contexto teórico, lo cual limita en mucho el tipo de cosas que pueden tomarse como problemas que hay que considerar. Más adelante discutiremos, sin embargo, si esta limitación es suficiente.

Hay tres tipos de problemas empíricos:

- *Problemas no resueltos*: Aquellos para los que aún no hay solución en ninguna teoría. Son problemas potenciales que, en muchos casos, no cuentan como auténticos problemas hasta que han sido resueltos por una teoría. Precisamente cuando encuentran una solución es cuando se ven como problemas genuinos. (Ejemplo: el problema del movimiento browniano durante el *siglo xix*.)
- *Problemas resueltos*: Aquellos que han sido resueltos satisfactoriamente por una teoría. Basta con que la solución sea aproximada. (Ejemplo: el problema de las relaciones entre la presión y el volumen de un gas es resuelto de forma aproximada por la teoría cinética de los gases, y de forma algo más exacta por las modificaciones que introduce Van der Waals.)
- *Problemas anómalos*: Aquellos que no han sido resueltos por la teoría para la que constituyen una anomalía, pero sí lo han sido por una teoría rival. (Ejemplo: el hecho de que todos los planetas del Sistema Solar giren en la misma dirección no era explicado por la teoría newtoniana, pero sí por la cartesiana, de modo que era una anomalía para la primera.) Estos problemas no hacen inevitable el abandono de la teoría para la que son anomalías, ni tienen por qué ser inconsistentes con ellas. Y no es tanto su número como su importancia cognoscitiva (grado de discrepancia, antigüedad, etc.) lo que ha de tenerse en cuenta. Según esta caracterización, un problema no resuelto no tiene por qué ser una anomalía. Sólo lo es cuando ese problema ha sido resuelto por una teoría rival. De este modo, un contrae-

jemplo de una teoría puede no ser una anomalía para ella si ninguna otra lo ha resuelto, y viceversa, un ejemplo no falsador puede ser una anomalía si la teoría no lo resuelve mientras que otra sí lo hace.

En cuanto a los *problemas conceptuales*, Laudan los define simplemente como los problemas que son presentados por alguna teoría (Laudan, 1986/1977, pág. 81). Se dividen en:

- *Problemas conceptuales internos*: Se dan cuando una teoría *T* presenta inconsistencias internas o los mecanismos teóricos que postula son ambiguos o circulares. (Ejemplo: en el *xix* la teoría cinético-molecular intentó explicar la elasticidad de los gases postulando componentes elásticos, las moléculas.)
- *Problemas conceptuales externos*: Cuando una teoría *T* está en conflicto con otra teoría *T'* (o con teorías metodológicas o metafísicas prevalecientes). Este conflicto puede darse en tres formas principales:
 - *Inconsistencia o incompatibilidad lógica entre teorías*: *T* implica la negación de (una parte de) *T'*. En un sentido más amplio, se da este tipo de problemas cuando *T* hace suposiciones que van contra las suposiciones metafísicas prevalecientes o que no pueden ser garantizadas por las doctrinas epistemológicas o metodológicas prevalecientes. (Ejemplo: el sistema de Ptolomeo entraba en contradicción con las teorías físicas y cosmológicas que dictaban que el movimiento de los planetas era circular y con velocidad uniforme. Del mismo modo, el sistema de Copérnico chocaba con la mecánica aristotélica.)
 - *Inaceptabilidad conjunta de teorías*: *T* implica que (una parte de) *T'* es improbable. Es decir, *T* es lógicamente compatible con *T'*, pero la aceptación de una de ellas hace menos plausible a la otra. (Ejemplo: la fisiología mecanicista de inspiración cartesiana era compatible con la física de Newton, pero ésta hacía muy poco plausible que un sistema tan complejo como un organismo vivo pudiera funcionar mediante procesos mecánicos simples.)
 - *Mera compatibilidad entre teorías*: *T* no implica nada acerca de *T'*, cuando debería reforzarla o apoyarla. (Ejemplo: una teoría química que fuese compatible con la teoría cuántica, pero que no utilizase sus conceptos para explicar la formación de enlaces, sería vista con recelo por los científicos.)

¿Cómo resuelve una teoría sus problemas, ya sean empíricos o conceptuales? Según Laudan, «una teoría *T* ha resuelto un problema empírico, si *T* funciona (significativamente) en cualquier esquema de inferencia cuya conclusión es un enunciado del problema» (Laudan, 1986/1977, pág. 54). O dicho de otro modo, un problema empírico queda resuelto por una teoría si de ésta, junto con determinadas condiciones iniciales, se puede derivar un enunciado, habitualmente sólo aproximado, del problema. El parecido con el modelo nomológico-deductivo de explicación es claro. En cuanto a los problemas conceptuales, más que resolverse, se eliminan; lo cual sucede cuando una teoría no presenta ya una dificultad conceptual que afectaba a su predecesora.

En función de esto, Laudan sostiene que el *progreso* en la ciencia ha de ser entendido como el logro de *teorías capaces de resolver mayor número de problemas empíricos importantes y capaces de generar menor número de anomalías y de problemas conceptuales* (cfr. Laudan, 1986/1977, pág. 102). El progreso científico no tiene además por qué ser acumulativo. Una nueva teoría no está obligada a resolver todos los problemas que resolvía la anterior. Podemos perder capacidad con una nueva teoría para resolver ciertos problemas, pero si las ganancias explicativas compensan esa pérdida, sigue siendo un cambio progresivo de teoría. Algunos problemas pueden incluso carecer de sentido en la nueva teoría y simplemente desaparecen. El progreso científico exige, pues, para su evaluación un análisis de costes y beneficios, por lo que ha de efectuarse siempre mediante la comparación de la efectividad de una teoría con la de las teorías rivales; la evaluación de teorías y de tradiciones de investigación es siempre comparativa, no es un juicio que se haga sobre determinadas propiedades de la teoría considerada en sí misma.

Uno de los rasgos principales en el modelo de Laudan es la importancia que concede a la resolución de los problemas conceptuales en el desarrollo de la ciencia (algo que, sin embargo, también había hecho Whewell y, más recientemente, Toulmin). Los problemas conceptuales y las anomalías empíricas son conjuntamente los fallos que pueden presentar las teorías. Pero, según Laudan, los filósofos empiristas de la ciencia han centrado su atención en las segundas y han descuidado los primeros. La importancia de los problemas conceptuales es tal que Laudan considera que podría hablarse de progreso en el paso de una teoría bien apoyada empíricamente a otra menos apoyada, siempre y cuando esta última resolviera dificultades conceptuales que lastraban a la primera. El descuido de los problemas conceptuales ha obedecido a la creencia en que lo único relevante que hay que examinar para evaluar el desarrollo histórico de la ciencia es la evidencia empírica con la que contaban los científicos para justificar sus teorías. No obstante, Laudan señala que las ideas de los científicos acerca de cómo contrastar las teorías y de qué cuenta como una evidencia en su favor han ido evolucionando a lo largo del tiempo. No sólo las teorías cambian, sino también los criterios de evaluación de las mismas y los criterios sobre cómo realizar la investigación. Por ello, para juzgar sobre la racionalidad de los cambios históricos en la ciencia es necesario hacer referencia a los criterios de evaluación que compartían los científicos del momento, en lugar de utilizar los nuestros actuales. Y eso sólo se puede hacer si se entra a considerar los problemas conceptuales de las teorías junto con los empíricos.

Un segundo aspecto a destacar en el modelo de Laudan es su compromiso con un cierto instrumentalismo. Según dicho modelo, para determinar si una teoría resuelve o no un problema, «es irrelevante si la teoría es verdadera o falsa, o si está bien o escasamente confirmada» (Laudan, 1986/1977, pág. 52). La resolución de un problema empírico por parte de una teoría consiste en una relación puramente formal entre la teoría y el enunciado del problema, y, como tal relación formal, es independiente de la verdad o falsedad de la teoría, así como de la verdad o la falsedad de la conclusión. Laudan no niega que los

enunciados científicos sean verdaderos o falsos, ni que podamos hacer juicios relativos a su verdad o falsedad, pero sí piensa que tales juicios no desempeñan ningún papel en la evaluación de la efectividad resolutive de las teorías y, por consiguiente, no sirven para estimar el progreso. Podemos así decir que una teoría resolvía en el pasado determinado problema aunque hoy día consideremos que esa teoría en general o la solución propuesta en particular eran falsas. La costumbre arraigada de pensar acerca del progreso en términos de verdad o falsedad puede hacer que esta afirmación parezca sorprendente, por eso Laudan intenta justificarla mediante la mención de algunos casos concretos:

Todos podemos estar de acuerdo, por ejemplo, en que la teoría ptolemaica de los epiciclos resolvía el problema del movimiento de retrogradación de los planetas, independientemente de si admitimos la verdad de la astronomía de los epiciclos. Del mismo modo, todo el mundo concede que la teoría ondulatoria de la luz de Thomas Young —sea verdadera o falsa— resolvía el problema de la dispersión de la luz. La teoría de la oxidación de Lavoisier, sea cual fuere su estatus de verdad, resolvía el problema de por qué el hierro es, después de calentado, más pesado que antes (Laudan, 1986/1977, pág. 54).

Como diremos al final, éste ha sido un punto mayor de discrepancia con muchos de sus críticos. No parece que todo el mundo esté dispuesto a conceder esto que dice Laudan.

Volvamos ahora a las tradiciones de investigación para aclarar cómo se produce el cambio científico. Las tradiciones de investigación experimentan cambios muy profundos a lo largo de su historia, pero cambian más lentamente que las teorías. Eso hace de ellas uno de los dos factores que proporciona continuidad a una disciplina a través del cambio (el otro factor de continuidad son los problemas empíricos que pueden ser resueltos por las teorías sucesivas). El cambio en una tradición de investigación se produce habitualmente de forma gradual mediante la modificación de alguna de sus teorías específicas subordinadas. También evolucionan mediante cambios en alguno de sus elementos nucleares básicos. A diferencia de lo que sostienen Kuhn y Lakatos, Laudan piensa que estos cambios en el núcleo de la tradición de investigación no producen una tradición de investigación diferente. Cuando los cambios dentro de la tradición ya no son suficientes para resolver ciertos problemas, que sí son resueltos por una tradición rival, o no son suficientes para eliminar dificultades internas, la tradición es abandonada. Una tradición rival toma entonces su lugar. Esta sustitución trae consigo el cambio de las soluciones dadas a muchos problemas, pero una gran parte de los problemas son los mismos que tenía que resolver la tradición anterior. Por ejemplo, cualquier sistema astronómico ha tenido que resolver el problema de los eclipses y cualquier teoría sobre los gases ha tenido que explicar las relaciones entre presión y temperatura.

Para Laudan, el modelo de Kuhn, entre bastantes aciertos —como su insistencia en la tenacidad de las teorías globales para resistir la falsación y su rechazo de la visión acumulativa del progreso—, incluía notorios desaciertos. Era incapaz de explicar cuándo y cómo se producía una crisis y una revolución

científica, ya que no daba indicaciones para determinar el punto crítico en el que las anomalías desencadenan una crisis. No consiguió tampoco una articulación satisfactoria de la noción de paradigma, ni mostró qué relación había entre los paradigmas y sus teorías constituyentes. No contempló la posibilidad de cambios evolutivos pequeños en el núcleo de un paradigma, y se basó en la idea insostenible desde un punto de vista histórico de la existencia de largos períodos de ciencia normal en los que desaparecía la competencia entre teorías rivales.

De forma análoga, el modelo de Lakatos, siendo mejor que el de Kuhn (en la medida en que recoge la coexistencia de varios programas de investigación alternativos y rechaza la inconmensurabilidad) también presenta en su opinión deficiencias graves. Entre otras cosas, los programas de investigación son demasiado rígidos y no permiten cambios en su núcleo. Además, Lakatos, al igual que Kuhn, sólo contemplaba como progreso científico los cambios de teoría que conducen a resolver nuevos problemas empíricos; sin embargo, casos destacados de progreso (como el paso del sistema ptolemaico al copernicano, o la adopción del atomismo entre 1815 y 1880) se realizaron sin resolver ningún nuevo problema empírico, sino haciendo sólo desaparecer viejos problemas conceptuales. Finalmente, las nociones de contenido empírico y lógico, en las cuales se basa la estimación del progreso, son inútiles, pues no hay posibilidad de establecer una medición de tales contenidos.

De acuerdo con el modelo que ofrece Laudan, el cambio científico no es revolucionario, sino evolutivo. Ha habido, claro está, revoluciones en la ciencia, pero no han sido tan importantes como creía Kuhn, ni se han diferenciado tanto de lo que sucede en otras fases de la investigación científica. *Las revoluciones científicas frecuentemente consisten en una recombinación nueva de elementos antiguos, más que en la aparición de novedades radicales.* Kuhn habría exagerado las diferencias entre la ciencia normal y la revolucionaria. En la ciencia encontramos siempre *de facto* el debate sobre cuestiones de fundamento y la coexistencia de grandes teorías rivales. Por otra parte, el cambio científico no presenta nunca discontinuidades tan radicales que impidan por principio una explicación racional del mismo. No existe, por tanto, ningún problema de inconmensurabilidad en la ciencia. Puede siempre evaluarse de forma objetiva cuál de entre dos teorías rivales es más efectiva resolviendo problemas, aunque sólo sea viendo el número y la importancia de los problemas que cada una resuelve.

Frente a Kuhn, Laudan admite también la posibilidad, si bien la estima remota, de que el resultado de una revolución no fuera progresivo, sino que los científicos terminaran aceptando irracionalmente una tradición de investigación peor desde el punto de vista de su efectividad. Dicho claramente, una revolución podría llevar al abandono de una tradición de investigación más progresiva por otra menos progresiva. El resultado de una revolución no es, pues, progresivo por definición. En cada caso es una cuestión contingente si la revolución ha conducido o no a un progreso.

Al carácter gradual del cambio contribuye también el que los científicos no se limiten a aceptar o rechazar teorías. La gama de *actitudes cognitivas* que és-

tos pueden adoptar es más amplia. Hay dos elementos de juicio principales (uno sincrónico y otro diacrónico) para evaluar las tradiciones de investigación:

1. La *adecuación* de la tradición de investigación consiste en la estimación de la efectividad para resolver problemas de las *últimas* teorías de dicha tradición de investigación.
2. La *progresividad* de la tradición de investigación consiste en la determinación del aumento o disminución a lo largo del tiempo de la efectividad de sus teorías componentes para resolver problemas. Cabe distinguir aquí el *progreso general* hecho por la tradición de investigación (comparación de la efectividad de sus teorías últimas con la de sus teorías más antiguas) de la *tasa de progreso* (adecuación de la tradición durante un período específico). Ésta última es especialmente importante para juzgar tradiciones de investigación nuevas.

Una tradición de investigación puede ser menos adecuada que otra rival, y sin embargo, más progresiva. Por eso, las modalidades de evaluación de las tradiciones de investigación han de darse en dos contextos distintos, siendo la aceptación y el rechazo modalidades sólo del primero. Por un lado, en el contexto de *aceptación*, la base para aceptar o rechazar una tradición de investigación se apoya en la idea del progreso efectuado en la resolución de problemas: se aceptan las tradiciones de investigación más *adecuadas*, aquellas que han resuelto más problemas importantes que sus rivales. Aceptar una teoría o tradición de investigación significa tratarla «como si fuera verdadera» (Laudan, 1986/1977, pág. 147). Pero eso no implica que los científicos la acepten porque *sea* verdadera. La aceptan porque es eficaz resolviendo problemas. Por otro lado, en el contexto de *prosecución*, es racional proseguir y explorar tradiciones de investigación que tengan una *tasa de progreso* mayor que sus rivales, aunque sean menos adecuadas que éstas y no gocen por ello de la aceptación de los científicos. La teoría atómica de Dalton, por ejemplo, no podía rivalizar en sus comienzos en adecuación con la teoría química de las afinidades electivas, pero era más prometedora. Su mayor tasa de progreso la hacía merecedora de una seria atención, a pesar de que muchos científicos no la aceptarían.

En consecuencia, los científicos pueden aceptar una teoría o tradición de investigación porque resuelva mejor los problemas empíricos y conceptuales que sus rivales, y al mismo tiempo pueden considerar digna de atención y de desarrollo otra teoría distinta, incluso incompatible, debido a que, siendo nueva, progresa muy rápidamente. Pueden estar trabajando así simultáneamente en dos tradiciones distintas. Todo ello representa, según Laudan, un punto intermedio entre «la insistencia de Kuhn y de los inductivistas en que la utilización de alternativas al paradigma dominante *nunca es racional* (excepto en los momentos de crisis) y la afirmación anarquista de Feyerabend y Lakatos de que la utilización de *cualquier* tradición de investigación sin importar cuán regresiva sea, *puede siempre ser racional*» (Laudan, 1986/1977, pág. 153).

Laudan cree que el hecho de que se despierte entre los científicos un interés grande por una nueva tradición de investigación y que pasen a considerarla

como un aspirante serio a la lealtad de la comunidad científica es ya suficiente para decir que se ha producido una revolución en la ciencia. Esto hace que las revoluciones sean menos traumáticas de lo que habitualmente se supone. Para que se produzca una revolución no es necesario que toda o la mayor parte de la comunidad científica dé su apoyo a una nueva tradición de investigación. Basta simplemente con que la nueva tradición de investigación se desarrolle y los científicos se sientan obligados a tomarla en consideración.

Finalmente, como señalamos antes, el cambio científico no es acumulativo, o sólo lo es parcialmente. Una teoría puede representar un progreso sobre otra aunque no consiga resolver todos los problemas que ésta resolvía. De hecho, sólo muy raramente lo consigue. Kuhn y Feyerabend han mostrado con creces que en el cambio de teorías normalmente se producen pérdidas y ganancias explicativas. Lo importante es que las ganancias explicativas compensen a las pérdidas. Para ser más preciso, el progreso no-acumulativo contempla las siguientes posibilidades:

1. La nueva teoría resuelve problemas nuevos que no se planteaban en la teoría anterior. Por ejemplo, la teoría copérmicana resolvía el problema de las fases de Venus, descubierto por Galileo y que no se planteaba en la de Ptolomeo.
2. La nueva teoría puede también resolver problemas que se planteaban en la anterior pero que ésta no resolvía y que, en tal caso, se convierten en anomalías para ella. Por ejemplo, la teoría de la relatividad consigue resolver el problema del perihelio de Mercurio, que la de Newton no consiguió resolver.
3. Algunos problemas, sobre todo conceptuales, pueden desaparecer, al dejar de tener sentido en la nueva teoría. Por ejemplo, con la teoría de la relatividad desaparece el problema de explicar cómo era posible que la fuerza gravitatoria actuara a distancia, porque la gravitación es vista como el efecto de una curvatura espacio-temporal.
4. Puede haber problemas que sigan siendo significativos en la nueva teoría y que, habiendo tenido una solución en la teoría anterior, no la tengan, al menos temporalmente, en la nueva. Por ejemplo, la mecánica celeste de Descartes explicaba por qué los planetas se mueven en la misma dirección alrededor del Sol, mientras que la de Newton no lo hacía.
5. El resto son problemas que tenían explicación antes del cambio y la tienen también después. Por ejemplo, tanto la teoría de Ptolomeo como la de Copérnico resolvían el problema del movimiento de retrogradación de los planetas.

El concepto de racionalidad científica que surge de este modelo difiere del modo en que se caracteriza la racionalidad en modelos anteriores. La racionalidad científica no consiste ya en aceptar teorías que creemos verdaderas (o muy probables), ni en ofrecer hipótesis que puedan ser refutadas, o que aumenten nuestras utilidades. Hacer elecciones racionales en la ciencia consiste simplemente en *hacer elecciones que sean progresivas*, que incrementen la eficacia en la resolución de problemas de las teorías que aceptamos, sin presuponer nada so-

bre su verdad. Con esto Laudan invierte la relación que se establece habitualmente entre racionalidad y progreso. El progreso no depende de seguir ciertos criterios de racionalidad; no hacemos progresos en la ciencia porque tomamos decisiones racionales. Es al contrario: tomar decisiones racionales significa elegir las teorías que implican un progreso en el sentido explicado. Es la racionalidad la que es dependiente del progreso.

Por otra parte, las evaluaciones sobre la eficacia de las teorías para resolver problemas deben realizarse tomando en cuenta el contexto histórico. Laudan sostiene que los criterios de racionalidad que determinan si algo debe considerarse o no un problema conceptual o un problema empírico digno de atención, los criterios para considerar suficiente el rigor de un experimento, los criterios para otorgar más peso a unos problemas que a otros, los criterios para juzgar si una explicación es buena o si algo ha de considerarse empíricamente corroborado, etc., etc., cambian con el tiempo. Aunque haya características muy generales de la racionalidad que sean transtemporales y transculturales, como que es racional aceptar las tradiciones de investigación más eficaces para resolver problemas, la racionalidad científica en su conjunto no es intemporal. Lo que pudo ser una elección racional de teorías en una época puede no serlo en otra. Hubo un tiempo en que lo racional era elegir teorías que tuvieran una sólida base metafísica y que no chocaran con las creencias religiosas. Hoy en día, en cambio, éstos no serían criterios para considerar que la elección de teorías ha sido la más adecuada.

En todo caso, según el modelo de Laudan, este tipo de factores extracientíficos pueden intervenir en las decisiones de los científicos sin que ello las convierta en irracionales. En la medida en que las presiones culturales que se ejercen sobre la ciencia han de ser tenidas en cuenta para efectuar decisiones y, por tanto, en la medida en que los parámetros específicos que constituyen la racionalidad dependen del momento y de la cultura, el modelo ofrece una concepción amplia de la racionalidad que incluye factores aparentemente «no científicos» en los procesos de decisión. Sobre ello Laudan afirma: «Lejos de considerar la introducción en la ciencia de cuestiones morales, filosóficas y religiosas como el triunfo del prejuicio, la superstición y la irracionalidad, este modelo sostiene que la presencia de esos elementos puede ser completamente racional; más aún, que su supresión puede ser ella misma irracional y prejuiciosa.» De hecho, «la opinión de que la ciencia es cuasi-independiente de esas disciplinas [teología y metafísica] es ella misma una tradición de investigación de origen relativamente reciente» (Laudan, 1986-1977, págs. 173 y 172).

Hemos insistido varias veces en que Laudan ha estado entre los críticos principales de la tesis de la inconmensurabilidad. Pues bien, sobre este asunto y sobre la racionalidad del cambio científico en general tienen que ver muchas de sus propuestas filosóficas posteriores a *El progreso y sus problemas*, la obra que le dio fama y que venimos comentando. Recordemos que uno de los motivos que llevó a Kuhn a sostener dicha tesis era el hecho de que las normas de evaluación (*standars*) y los fines (*goals*) cambian cuando cambia el paradigma, lo cual impide la traducción de una teoría a otra rival. Sin embargo, estamos

viendo que Laudan reconoce que se dan esos cambios en normas y fines, pero no cree que ello conduzca a la incommensurabilidad de las teorías o de las tradiciones de investigación. En su libro *Science and Values*, publicado en 1984, y en otros trabajos posteriores, Laudan ha intentado mostrar cómo el relativismo kuhniano obedece en realidad a ciertos presupuestos filosóficos rechazables que proceden del empirismo lógico. Entre ellos, que las cuestiones relativas a fines o valores son siempre subjetivas, que las reglas de decisión racional tienen un carácter algorítmico o que las teorías están infradeterminadas por la evidencia empírica. En estos trabajos Laudan ha argumentado, apoyándose en la historia de la ciencia, que la decisión racional entre teorías es posible incluso en los casos en los que los científicos difieren en sus normas metodológicas y en sus fines o valores.

La aportación principal en *Science and Values* es su propuesta de un *modelo reticular de racionalidad científica*, opuesto al *modelo jerárquico* de justificación, el cual, según nos dice, habría sido el aceptado normalmente por los filósofos de la ciencia hasta ese momento.

Comienza esta obra afirmando que tanto la sociología de la ciencia como la filosofía de la ciencia han pasado conjuntamente por dos fases diferenciadas. Durante los años 40 y 50 los empiristas lógicos y Popper, por un lado, y la escuela sociológica de Merton, por otro, elaboraron sendas imágenes de la ciencia que, por encima de los puntos de vista divergentes, pueden considerarse como complementarias, ya que compartían una premisa básica y un problema común. La premisa básica era que la ciencia puede ser demarcada nítidamente de otros ámbitos culturales, como la filosofía. El problema común era explicar cómo se consigue el alto grado de *acuerdo* que se observa en la ciencia y que parece ausente en esos otros ámbitos culturales. A partir de los años 60 y 70, sin embargo, el panorama sufrió una transformación sustancial, hasta el punto de que a mediados de los 70 la imagen de la ciencia que prevalecía entre sociólogos y filósofos chocaba frontalmente con la anterior. Ahora el problema central era buscar una explicación para la existencia de *irrupciones periódicas de desacuerdo* en la ciencia. Frente a estas dos posturas, Laudan cree que es necesario establecer una teoría de la racionalidad científica que pueda dar respuesta a estos dos problemas conjuntamente, cosa que no pueden hacer ninguna de las explicaciones ofrecidas. La primera era incapaz de explicar satisfactoriamente la existencia de desacuerdo y de controversias en la ciencia, mientras que la segunda tenía problemas para explicar el amplio consenso que también se produce en ella.

Los sociólogos y filósofos en los 40-50 pensaban que el habitual *acuerdo* de los científicos sobre los *hechos* se explicaba como resultado del acuerdo previo, también amplio, en un nivel más profundo: el nivel de los *métodos*, según los filósofos, o el nivel de las normas —por ejemplo, universalismo, comunismo, desinterés y escepticismo organizado—, según los sociólogos (véase sección 8.2). El consenso científico era, pues, el subproducto de un pacto metodológico y axiológico. Pero esta visión consensual de la ciencia es errónea, según Laudan. El consenso no es tan general en la ciencia como presupone, y los desacuerdos no pueden ser vistos como una mera desviación de la norma. Además, el acuerdo en

el nivel metodológico no garantiza que también haya acuerdo en el nivel de los hechos. Las mismas normas metodológicas pueden llevar a los científicos a conclusiones diferentes según los casos. Y por si esto no bastara, los estudios históricos muestran que los científicos no suscriben habitualmente los mismos patrones metodológicos y axiológicos, y que violan en muchas ocasiones los criterios que han propuesto filósofos y sociólogos (cfr. Laudan, 1984, págs. 11-12).

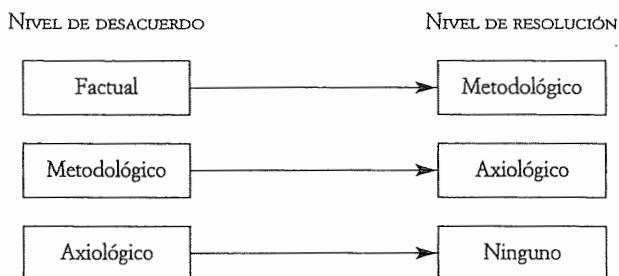
Por su parte, Kuhn, Feyerabend y los sociólogos posteriores a la escuela mertoniana han desarrollado una explicación del *disenso* en la ciencia siguiendo cuatro líneas de argumentación:

- a) Hay más controversia en la ciencia de lo que señalaba la opinión anterior.
- b) Las grandes teorías rivales son incommensurables.
- c) Los datos no pueden determinar la elección de teorías, es decir, cabe formular teorías incompatibles que sean capaces de encajar igualmente bien con la evidencia empírica. Tal como afirma la tesis Duhem-Quine en una de sus posibles formulaciones, ninguna teoría puede ser refutada concluyentemente ni probada concluyentemente por la evidencia empírica. O, expresado de una forma más amplia, como Kuhn lo presentaba, los criterios de elección de teorías nunca permiten determinar dicha elección.
- d) La conducta contranormal (ignorar la evidencia, tolerar inconsistencias, mantener estrategias contrainductivas) conduce a menudo al éxito en la ciencia.

El problema en este caso es, según Laudan, que se cierra la posibilidad de explicar racionalmente el consenso, al que incluso —como en el caso de Feyerabend— se considera indeseable (cfr. Laudan, 1984, págs. 13-21).

La solución dada por los filósofos y sociólogos de las décadas de los 40 y 50 al problema del consenso está comprometida con lo que Laudan llama '*modelo jerárquico de justificación*', el cual estaría presente sobre todo en los trabajos de Popper, Hempel y Reichenbach. Este modelo se compone de tres niveles interrelacionados en los que se puede producir el acuerdo o el desacuerdo. En el nivel más bajo están las disputas sobre cuestiones de hecho (incluyendo como tales no sólo las discusiones sobre los eventos directamente observables, sino sobre todo lo que hay en el mundo, incluidas las entidades teóricas e inobservables). Según este modelo, los científicos resuelven estos desacuerdos factuales subiendo un escalón en la jerarquía y apelando a las reglas metodológicas compartidas. A veces, sin embargo, también están en desacuerdo sobre las reglas metodológicas que deben aplicarse, o sobre cómo deben ser aplicadas. En tales casos, el desacuerdo sobre los hechos no puede, obviamente, resolverse apelando a las reglas metodológicas. Eso muestra que el desacuerdo factual es entonces señal de un desacuerdo metodológico más profundo. Estas disputas metodológicas se resuelven subiendo otro escalón y haciendo referencia a los propósitos y metas compartidos (nivel axiológico). Los desacuerdos en este último nivel se consideran inexistentes (sobre la base de que todos los científicos comparten los mismos fines) o irresolubles (cfr. Laudan, 1984, págs. 23-26). El modelo jerárquico puede ser esquematizado tal como muestra la Figura 6.1.

Figura 6.1.
MODELO JERÁRQUICO DE JUSTIFICACIÓN



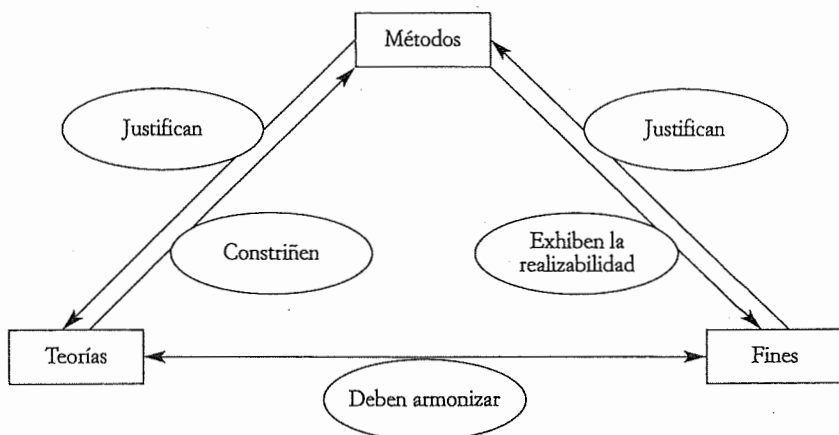
Laudan estima que este modelo de justificación es útil para explicar muchas de las conductas de los científicos encaminadas a la formación del consenso, pero hay casos en los que fracasa. Por ejemplo, como nos mostró la obra de Kuhn, no siempre las reglas metodológicas compartidas permiten alcanzar un acuerdo sobre los hechos, ni es posible siempre alcanzar un acuerdo sobre los métodos sobre la base de ciertos fines compartidos, ya que métodos distintos pueden servir para conseguir esos fines. Pero sobre todo el modelo fracasa en los casos donde los científicos no comparten los mismos fines. «Puesto que los fines están en la parte más alta de la escalera justificatoria en este modelo, no hay aparentemente ningún recurso, ningún tribunal de apelación independiente, cuando los científicos difieren sobre cuestiones axiológicas» (Laudan, 1984, pág. 42). Por ello, no es extraño que algunos defensores del modelo, como Popper o Reichenbach, hayan argumentado que las diferencias sobre fines obedecen a causas subjetivas y emotivas, y no están abiertas a una resolución racional. Con lo cual, mal que les pese, introducen un elemento de irracionalidad en la base misma del progreso científico. Si asumimos además la tesis de Kuhn de que en el cambio de paradigma el debate alcanza también a los fines, dado que un nuevo paradigma suele implicar nuevos fines cognitivos, nos encontramos entonces ante la conclusión inevitable de que la elección entre grandes teorías rivales no puede resolverse racionalmente. Pero esto nos lleva a un callejón sin salida. Porque el hecho es que «los científicos se ven a sí mismos como resolviendo la mayor parte de las controversias de modo lógico y razonable, incluso cuando estas controversias resultan de opiniones divergentes sobre metas y valores de la ciencia» (Laudan, 1984, pág. 48).

Laudan considera, en cambio, que hay medios para criticar racionalmente los fines cognitivos. Si, por ejemplo, se consigue mostrar que dos fines son incompatibles, se puede entonces afirmar que no pueden ser perseguidos racionalmente de forma conjunta. Cabe también argumentar contra un fin sobre la base de que es *utópico* o irrealizable (y aquí encajaría su propia crítica de la verosimilitud como objetivo de la ciencia), o bien sobre la base de que no concuerda con los valores implícitos en las prácticas y juicios de la comunidad científica. A menudo un

científico puede encontrarse defendiendo ciertos fines que chocan con los que de hecho presupone en su trabajo diario como científico. En tales casos puede argumentarse que no es racional que siga manteniendo la defensa de dichos fines.

De conformidad con estas críticas, Laudan propone sustituir el modelo jerárquico por un *modelo reticular de justificación* que se presenta como una alternativa mucho más adecuada a la práctica real de la ciencia. En el modelo reticular todos los niveles están sujetos a la crítica racional y a la revisión a partir de los otros, produciéndose un continuo ajuste entre ellos. Ninguno de los niveles es más fundamental que los demás, puesto que la justificación entre niveles fluye en todas las direcciones. En cuanto a los niveles mismos, el modelo reticular mantiene el nivel de los métodos y el de los fines, pero Laudan prefiere hablar de teorías donde el modelo jerárquico hablaba de hechos. El modelo reticular admite, por ejemplo, que nuestros fines cognitivos permiten justificar por qué son mejores ciertos métodos de investigación que otros, pero al mismo tiempo recoge la posibilidad de utilizar nuestro conocimiento sobre los métodos para juzgar la viabilidad de los fines propuestos. Si mostramos que no hay ningún método conocido capaz de llevar a cierto fin, éste debe ser abandonado como irrealizable. De este modo, la justificación fluye también en sentido contrario al que aparecía en el modelo jerárquico. Asimismo, el modelo reticular insiste en que nuestros juicios sobre las teorías pueden ser confrontados con nuestras axiologías explícitas para revelar las tensiones entre los valores implícitos en las teorías y los explícitamente mantenidos por los científicos (cfr. Laudan, 1984, págs. 62-63). La Figura 6.2. muestra las relaciones que cabe establecer entre los diferentes niveles según el modelo reticular.

Figura 6.2.
MODELO RETICULAR DE JUSTIFICACIÓN CIENTÍFICA



Laudan subraya que este modelo sirve para proporcionar una visión gradualista del cambio científico opuesta a la visión holista de Kuhn. Mientras que en el modelo kuhniano el cambio de paradigma llevaba aparejado un cambio global en los tres niveles (teorías, métodos y fines), surgiendo de ese modo el problema de la incommensurabilidad, en el modelo reticular los cambios son paulatinos y no simultáneos. Cuando se produce un cambio en uno de los niveles, los otros dos niveles pueden estar provisionalmente fijados. Es cierto que un cambio en las teorías aceptadas puede llevar a un cambio en los métodos, pero éste, por lo general, se efectuará un tiempo después y afectará sólo a algunas normas metodológicas. Además, son posibles cambios en las teorías (incluso revolucionarios) que no impliquen cambios en la metodología, como sucedió en el caso de la aceptación de la teoría de la relatividad. Esto permite que las teorías implicadas sean evaluadas con los mismos criterios. Y viceversa, pueden darse cambios en la metodología sin que eso conlleve cambios en las teorías aceptadas. De las relaciones entre fines y métodos podría decirse algo similar.

El modelo reticular de justificación científica no es la única modificación importante que Laudan introduce en sus propuestas iniciales. En un artículo de 1986 titulado «Some Problems Facing Intuitionist Meta-Methodologies», abandonó explícitamente el *intuicionismo* meta-metodológico que había defendido en *El progreso y sus problemas* como alternativa al convencionalismo de Popper y al elitismo científico de Lakatos. En su lugar, comienza a desarrollar en ese trabajo una concepción naturalista de la metodología y de la filosofía de la ciencia en general (cfr. González, 1998). El intuicionismo propugnado inicialmente por Laudan asumía del giro historicista que las propuestas metodológicas de los filósofos de la ciencia, pese a su carácter normativo, ni son meras convenciones ni pueden ser establecidas *a priori*, sino que han de estar basadas en los datos de la historia de la ciencia. En particular, según vimos brevemente en el Capítulo primero, su fuerza normativa descansa en su capacidad para encajar adecuadamente aquellos casos paradigmáticos de aceptación o rechazo de teorías ocurridos en el pasado. Casos sobre los cuales filósofos, historiadores y, en general, las «personas científicamente cultivadas» (no sólo la élite científica) comparten profundas convicciones —intuiciones preanalíticas—, en principio no revisables, acerca de su corrección y su racionalidad. Así, cualquiera que conozca algo de la historia de la ciencia sabe que en torno a 1890 era racional rechazar la opinión de que el calor era un fluido, o que después de 1925 era racional aceptar la teoría de la relatividad. Para merecer aceptación y ser aplicado en la evaluación de otros casos menos claros, cualquier modelo de racionalidad científica habría de explicar el mayor número posible de estas intuiciones preanalíticas. Pero sólo de ellas. Ningún modelo de racionalidad científica tendría por qué mostrar como racional la mayor porción posible de la historia de la ciencia, como pensaba Lakatos.

La razón principal que Laudan ofrece en el citado artículo para rechazar este planteamiento es que en él se da injustificadamente por supuesta la permanencia y la unanimidad de nuestros juicios intuitivos sobre los méritos de las

teorías científicas rivales y que, incluso así, no queda garantizado que tales juicios permitan efectuar una elección entre metodologías diferentes. En trabajos posteriores («Progress or Rationality? The Prospects for a Normative Naturalism», 1987) Laudan insiste en que los fines y las creencias de fondo de los científicos han cambiado históricamente y, en consecuencia, lo han hecho también los métodos. No se puede, por tanto, pretender juzgar la racionalidad de los científicos atendiendo sólo a su utilización de determinados métodos y dejando de lado la cuestión de sus fines y creencias de fondo.

Ya desde *Science and Values*, Laudan venía defendiendo una meta-metodología naturalista que basaba la contrastación empírica de los modelos metodológicos, no en su capacidad para dar cabida a ningún tipo de intuiciones, por muy aceptadas que sean, sino en su capacidad para generar normas cuya validez pudiera ser directamente apoyada por los hechos históricos. En esencia, el naturalismo normativo de Laudan entiende las normas metodológicas como imperativos hipotéticos que conectan ciertos medios con ciertos fines epistémicos, lo que posibilita su comprobación empírica. Para contrastarlas, basta con ver si tales medios promueven o promovieron en realidad esos fines. Las normas metodológicas funcionan así como conjeturas falibles y su selección debe seguir los mismos procedimientos que cualquier teoría científica. Si queremos, por ejemplo, saber si la regla metodológica que aconseja evitar las hipótesis *ad hoc* es una regla aceptable, en lugar de apelar al juicio de la élite científica, como proponía Lakatos, o acudir a aquellos casos históricos que de forma intuitiva podamos considerar como paradigmáticos, como proponía el intuicionismo previo de Laudan, lo que procede es transformar este mandato en un imperativo hipotético, tal como: 'si se pretende obtener teorías con una alta fiabilidad predictiva, deben rechazarse las hipótesis *ad hoc*'; y a continuación comprobar si, en efecto, la historia de la ciencia muestra que la evitación de hipótesis *ad hoc* ha sido un buen medio para conseguir el objetivo de la fiabilidad predictiva. El naturalismo sobre las normas metodológicas es completado por Laudan con un naturalismo sobre los fines: los fines de la ciencia han cambiado históricamente y los mecanismos mediante los cuales los científicos varían de fines son los mismos que debe emplear el epistemólogo para seleccionar las virtudes epistémicas.

Este naturalismo no surge en oposición total a su trabajo anterior. No sólo está el hecho de que la propuesta meta-metodológica de *El progreso y sus problemas* era ya una propuesta en buena medida naturalista, sino que en 1981, en el trabajo titulado «A Confutation of Convergent Realism», tras interpretar el realismo científico como una hipótesis empíricamente contrastable al modo de cualquier hipótesis científica, Laudan aducía una serie de casos históricos que, según su reconstrucción de las tesis realistas, serían suficientes para descartar el realismo como una explicación aceptable del éxito de la ciencia (véase más adelante sección 7.3).

Llegados a este punto, es preceptivo mencionar, como hemos hecho con los demás modelos de cambio científico, algunas críticas formuladas contra el modelo de Laudan. Quizá la más generalizada, ya que no depende en principio

de la adopción de un específico punto de vista epistemológico, es la que destaca las dificultades aparentemente insalvables para establecer una medida objetiva que permita la comparación en la eficacia para resolver problemas por parte de dos teorías rivales (cfr. Newton-Smith, 1987, págs. 211-214, Musgrave, 1979, McMullin, 1979). No hay modo, por ejemplo, de homogeneizar medidas para poder restar el peso (negativo) de los problemas conceptuales del peso (positivo) de los problemas empíricos resueltos. Los problemas métricos que Laudan imputa al concepto de verosimilitud no desaparecen, por tanto, en su metodología. Esto debilita una de las razones fundamentales que Laudan daba para prescindir de dicho concepto. Su modelo no nos proporciona siquiera un criterio acerca de cómo deben ser individualizados los problemas. No está claro, pongamos por caso, por qué el problema del movimiento retrógrado de los planetas ha de ser considerado como uno sólo en lugar de como uno para cada planeta. Laudan afirma sólo que para que algo sea un problema empírico basta con que sea considerado como tal por los científicos, que alguien lo perciba como problema, pero entonces ¿qué impide que los partidarios de una teoría vean en ella problemas resueltos donde los partidarios de otra no ven problemas en absoluto? ¿Qué garantiza que los problemas empíricos sean un elemento de continuidad entre tradiciones de investigación?

Desde posiciones antiinstrumentalistas, y especialmente desde el lado realista, se ha puesto también en cuestión que pueda prescindirse del concepto de verdad en la explicación del progreso científico, tal como Laudan pretende. Si se prescinde del concepto de verdad —afirman—, no hay modo de distinguir entre problemas auténticos y problemas espurios en la ciencia. No bastaría con decir que un problema científico auténtico es aquel que es percibido como tal en el seno de una tradición de investigación, porque, para quien rechaza el relativismo, lo que se pregunta es justamente por qué razón unos problemas son percibidos como auténticos y otros como pseudoproblemas. Del mismo modo, no habría criterio para distinguir las soluciones válidas de las soluciones inválidas de los problemas. Y desde luego los científicos no se limitan a proporcionar soluciones cualesquiera a los problemas que les van saliendo al paso, sino que intentan encontrar soluciones verdaderas a problemas auténticos. Por otra parte, los problemas conceptuales más graves, como Laudan reconoce, son las inconsistencias en el seno de una teoría; pero si las inconsistencias representan un problema ¿no es justamente porque la teoría en la que aparecen no puede ser *verdadera*? El realista no tendría inconveniente en admitir que el progreso científico consiste en el aumento de la eficacia en la resolución de problemas por parte de las nuevas teorías, sólo que para él esto es una *consecuencia* del progreso que se realiza en la consecución de teorías más cercanas a la verdad.

También desde posiciones realistas se ha objetado que la imposibilidad de determinar de manera infalible si nuestras teorías son verdaderas no significa que no podamos atribuirles de modo fiable cierto grado de verdad. Niiniluoto ha argumentado que, aunque nunca estemos ciertos de haber alcanzado la ver-

dad ni haya procedimientos algorítmicos para decir si se está cerca de ella, es posible ofrecer una caracterización adecuada del acercamiento progresivo a la verdad sobre la base revisable de la evidencia disponible en cada momento. Para Niiniluoto la verdad es una meta *inaccesible*, en la medida en que no hay un conjunto finito de pasos que nos lleve hasta ella, pero no es una meta *utópica*, como mantiene Laudan. Niiniluoto entiende que una meta es utópica si es inaccesible y además ni siquiera podemos hacer progresos hacia ella. Un ejemplo de una meta así sería la de ir caminando hasta la Luna. Pero la verdad es una meta sobre la que sí podemos hacer progresos y efectuar ciertas estimaciones sobre el mismo. En ese sentido sería como la perfección moral; no podemos alcanzarla por completo, pero hay cosas que nos indican si estamos o no más cerca de ella que antes. Perseguir metas utópicas quizá pueda ser irracional, pero no es irracional perseguir metas inaccesibles, como la verdad, acerca de las cuales sí hay indicios que permiten estimar el progreso realizado en su consecución (cfr. Niiniluoto, 1987b).

Un punto que no ha convencido a algunos racionalistas más fuertes que el propio Laudan es el de la existencia de desacuerdos fundamentales sobre cuestiones metodológicas y, menos aún, la existencia de cambios históricos en las normas metodológicas básicas. En particular, John Worrall ha afirmado que si lo único transtemporal y transcultural que se permite en el modelo de racionalidad ofrecido por Laudan son «ciertas características muy generales», como que es irracional para los científicos de una cultura adherirse a una teoría que es menos adecuada (resuelve menos problemas) que otras «en el seno de esa cultura», si no hay, por tanto, principios permanentes de evaluación desde los cuales mostrar que ha habido progreso objetivo, lo más que se puede decir es que el progreso es relativo a los estándares aceptados temporal y culturalmente, y esto es caer en el relativismo que Laudan tan afanosamente intentaba evitar (cfr. Worrall, 1988). Laudan pensaba que el cambio de métodos y de fines en la ciencia no es incompatible con la noción de progreso objetivo (con respecto a un fin dado), porque para hacer una estimación del progreso no tenemos por qué utilizar los criterios y fines de los protagonistas del cambio de teoría. Podemos aplicar nuestros propios criterios, que suponemos mejores por haber experimentado un mayor proceso de ajuste según el modelo reticular, y emitir un juicio en función de ellos exclusivamente (cfr. Laudan, 1984, pág. 65). Worrall considera, por contra, que no podemos decir que nuestros criterios sean mejores si no es sobre la base de algunos principios permanentes de evaluación que son constitutivos de la propia racionalidad (cfr. Worrall, 1989).

Finalmente, el naturalismo normativo ha sido criticado por quienes creen que no es posible una explicación puramente naturalista del cambio científico, especialmente en lo que se refiere a la elección de los fines. También se ha dicho que presenta una visión limitada de la racionalidad científica, ya que ésta queda reducida a una racionalidad instrumental. La justicia de estas últimas críticas es, sin embargo, menos reconocida que la de las primeras que hemos mencionado.

3. ALGUNAS INDICACIONES SOBRE LA SITUACIÓN ACTUAL

Los modelos de cambio científico de Lakatos y de Laudan no son los únicos que se han elaborado en respuesta a las tesis de Kuhn y Feyerabend. Otros modelos dignos de mención son el de Dudley Shapere, el modelo estructuralista, el de Ronald Giere y el de Ilkka Niiniluoto (cfr. Shapere, 1984, Balzer, Moulines y Sneed, 1987, Giere, 1988 y 1999, y Niiniluoto, 1984, 1987 y 1999). Dedicarles a estos modelos un comentario con la extensión suficiente para hacerles justicia alargaría este libro más de lo prudente, de modo que no los expondremos. (Para los modelos de Giere y de Niiniluoto remito al lector a los capítulos finales de Diéguez, 1998.)

El problema del progreso en la ciencia sigue vigente en las corrientes más actuales de la filosofía de la ciencia. No obstante, puede afirmarse que se ha producido una reorientación en el modo de abordarlo. En lugar de proponer modelos filosóficos globales del cambio científico como los anteriormente expuestos, la tendencia es la de realizar análisis detallados de aspectos parciales de la práctica científica. Frecuentemente estos análisis se hacen dentro de una concepción naturalista de la epistemología. Es decir, toman como base los procedimientos, las herramientas conceptuales o los datos de algunas ciencias empíricas, en particular la sociología, la psicología cognitiva y la biología evolucionista (véase sección 1.4).

La discusión en torno a los modelos de cambio científico que hemos expuesto ha dejado un cierto margen para el acuerdo sobre algunos puntos básicos. Hoy es, por ejemplo, ampliamente reconocida la importancia de la historia de la ciencia para poder elaborar y someter a contrastación cualquier propuesta epistemológica acerca de la ciencia. Esto no quiere decir que todos los autores actuales estén comprometidos con la epistemología naturalizada. Hay quienes consideran que el carácter normativo de la epistemología le impide ser una disciplina empírica, al modo de las ciencias naturales. Pero incluso entre quienes mantienen con más firmeza este carácter normativo, se admite que cualquier propuesta filosófica sobre la ciencia debe estar asentada en un conocimiento profundo de su práctica real y que las prescripciones *a priori* basadas en preconcepciones filosóficas no resultan creíbles.

En segundo lugar, son cada vez más los que admiten que los métodos y los criterios de evaluación científica han cambiado a lo largo de la historia. El propio avance en los conocimientos ha propiciado este cambio en los métodos. Al aprender cosas sobre el mundo hemos aprendido también a mejorar nuestra forma de conocerlo. Los métodos son en muchas ocasiones el resultado de la aplicación de los avances en la investigación empírica. Se discute, sin embargo, la amplitud y alcance de estos cambios, y si afectan sólo a normas concretas o también a principios muy generales. En todo caso, el pluralismo metodológico defendido por Kuhn, Feyerabend y Laudan parece imponerse sobre el monismo metodológico al estilo del neopositivismo, de Popper y de Lakatos.

Una cuestión relacionada, pero en la que hay mucho más disenso, es si también han cambiado los fines de la ciencia a lo largo de su historia. Mientras Laudan mantiene que así es, y que por ello mismo ningún fin puede considerarse como constitutivo de la ciencia, otros autores mantienen que algunos fines cognitivos generales no han cambiado. Entre los candidatos a estos fines permanentes están la búsqueda de teorías (aproximadamente) verdaderas (para los realistas), de teorías empíricamente adecuadas (para los neoempiristas), de teorías con capacidad predictiva (para los instrumentalistas), etc. Por su parte, David Resnik ha negado que la ciencia tenga fines que puedan servir para justificar normas metodológicas. Los que tienen fines, según su opinión, son los científicos, y estos pueden ser muy diversos (Resnik, 1993). Es una cuestión abierta si, caso de haber cambio de métodos y de fines, esto conduce o no a una posición relativista.

Parece también haber un cierto acuerdo en que las unidades de análisis del cambio científico deben ser más amplias que las teorías individuales. Las diversas modalidades de dicho cambio, así como los matices de cada una de ellas, sólo pueden ser apreciados si en lugar de ver el cambio como la sustitución de una teoría por otra, lo contemplamos como la transición de un conjunto de teorías relacionadas (llámese paradigma, programa de investigación, tradición de investigación, o como sea) a otro distinto. Dado que estas unidades más amplias tienen una estructura compleja, el cambio puede darse en ellas en distintos niveles, sin que tenga que cambiar todo de una vez. Ello permite que unas partes estén más expuestas al cambio que otras.

Finalmente, aunque el tema de la inconmensurabilidad sigue siendo un tema candente, la mayoría de los filósofos de la ciencia, incluyendo a los defensores de la inconmensurabilidad, consideran que el cambio en la ciencia es —salvo excepciones contadas y limitadas en su alcance, como el caso Lysenko— un cambio racional. Ahora bien, mostrar la racionalidad del cambio científico no significa que haya que encontrar normas suprahistóricas de evaluación capaces de encajar bajo ellas todo cambio producido, ni algoritmos para la toma de decisiones. Basta con mostrar que los cambios se han guiado por normas racionales, ellas mismas cambiantes y contextuales. En cuanto al papel de los factores externos (sociales, políticos, económicos, psicológicos, etc.), la visión que prevalece hoy es que no es ni mucho menos despreciable, pero tampoco exclusivo. Y sobre todo, muchos de estos factores externos no deben ser excluidos por definición del campo de la racionalidad.

Presentamos a continuación un cuadro en el que se recogen los aspectos centrales de los modelos de cambio científico expuestos. Ello permitirá apreciar con mayor nitidez las coincidencias y las discrepancias entre ellos.

Cuadro 6.1.

RESUMEN DE VARIOS MODELOS DE CAMBIO CIENTÍFICO PRESENTADOS
EN LOS CAPÍTULO ANTERIORES. ELABORADO PARCIALMENTE
CON INFORMACIÓN CONTENIDA EN LAUDAN Y COLS., 1986.

LA EXPRESIÓN 'CONJUNTO DE SUPUESTOS PRINCIPALES' SUSTITUYE
SEGÚN LOS CASOS A 'TEORÍAS GLOBALES', 'PARADIGMAS',
'PROGRAMAS DE INVESTIGACIÓN' O 'TRADICIONES DE INVESTIGACIÓN'

	NEO- POSITIVISMO	POPPER	KUHN	FEYERABEND	LAKATOS	LAUDAN
El conjunto de supuestos principales de una ciencia	Una vez confirmado permanece para siempre	Es susceptible de refutación, aunque pueda ser protegido durante un tiempo	Posee elementos centrales inmunes a la refutación y que sólo cambian cuando el conjunto es abandonado	No pueden ser eliminados mediante una confrontación directa con «dos hechos»	(Igual que Kuhn)	Posee elementos centrales que a veces cambian de forma gradual
La competencia entre conjuntos rivales de supuestos principales	No existe en la ciencia madura	Es la regla en la historia de la ciencia	Es la excepción más que la regla	Es la regla. Las alternativas son necesarias en el proceso de falsación	Es la regla	Es la regla
El sucesor de un conjunto de supuestos principales	Extiende la aplicación del conjunto anterior o la integra en un todo más amplio	Siempre incluye todos los éxitos explicativos de su predecesor	Raramente incluye todos los éxitos explicativos de su predecesor	Raramente incluye todos los éxitos explicativos de su predecesor	Siempre incluye todos los éxitos explicativos de su predecesor	Raramente incluye todos los éxitos explicativos de su predecesor
El cambio en la ciencia	Consiste en la extensión de dichos supuestos a nuevos fenómenos del mismo dominio o a fenómenos de otro dominio	Es abrupto y continuo	Es abrupto y total en los momentos decisivos	Es abrupto en los momentos decisivos	Por lo general no es abrupto. La evaluación puede tomar mucho tiempo	Casi siempre es evolutivo y gradual
Dos conjuntos rivales de supuestos principales	No existen en la ciencia madura	Son con- mensurables	Son incon- mensurables	Son incon- mensurables	Son con- mensurables	Son con- mensurables

	NEO-POSITIVISMO	POPPER	KUHN	FEYERABEND	LAKATOS	LAUDAN
Las reglas metodológicas en una ciencia madura	Nunca cambian	Nunca cambian	1.º Kuhn: siempre cambian; 2.º Kuhn: hay algunos valores y criterios que no cambian	Son transgredidas constantemente y cambian con el tiempo	Nunca cambian	A veces cambian cuando cambian los supuestos principales
Los científicos cambian un conjunto de supuestos principales por otro distinto	Si los supuestos son realmente científicos, es decir, si están bien confirmados, no cambian	Por razones científicas internas y comunes a todos los científicos	Por razones científicas y no científicas (creencias filosóficas, etc.) que varían de un científico a otro	Debido a la propaganda de los defensores del nuevo conjunto, y fundamentalmente por razones no científicas (preferencias estéticas, nacionalidad)	Por razones científicas internas, aunque siempre queda un residuo explicable sólo por factores externos	Por razones científicas basadas en reglas compartidas, aunque en algunos casos pueden variar de un científico a otro
El progreso científico	Es acumulativo. Las nuevas teorías reducen a las anteriores	No es acumulativo. Aunque las nuevas teorías deben incluir todos los éxitos de las precedentes	Es acumulativo en la ciencia normal y revolucionario en las épocas de crisis (con pérdidas y ganancias)	Hay pérdidas y ganancias. A veces las nuevas teorías son menos comprensivas y generales	No es acumulativo, pero un PIC progresivo resuelve todos los problemas que resolvía el anterior	Es parcialmente acumulativo. Hay pérdidas y ganancias, pero las ganancias compensan las pérdidas
El progreso científico se produce por	Reducción de unas teorías a otras	Falsación de teorías y sustitución por otras más verosímiles	Revoluciones científicas en las que hay cambio de paradigma	Proliferación de teorías, crítica de las teorías establecidas y sustitución por otras	Abandono de programas de investigación degenerativos y aceptación de progresivos	Sustitución de unas teorías por otras más efectivas en la resolución de problemas
El resultado del progreso científico es	La obtención de teorías cada vez mejor confirmadas	El progresivo acercamiento a la verdad: mayor verosimilitud	La mejor resolución de problemas con respecto a las teorías anteriores	Algo distinto juzgado desde el punto de vista de cada individuo o escuela	El aumento de la verosimilitud	La mayor eficacia en la resolución de problemas

CAPÍTULO 7

El debate sobre el realismo científico

1. UN DEBATE EN LA HISTORIA DE LA CIENCIA

«Los dos temas de actualidad en la filosofía de la ciencia —apunta el filósofo Ian Hacking— son uno epistemológico (la racionalidad) y otro metafísico (la verdad y la realidad)» (Hacking, 1996, pág. 137). En los dos capítulos anteriores nos hemos ocupado del tema de la racionalidad del cambio científico. En éste nos ocuparemos del tema metafísico, el tema de la verdad y la realidad tal como ha sido abordado en el debate sobre el realismo científico. Comprobaremos que tiene también claras implicaciones epistemológicas. La pregunta que se trata de responder en el debate, ya largo y aún inconcluso, entre realistas y antirrealistas tiene que ver con el objetivo de la ciencia y, en particular, con la relación entre las teorías y el mundo: ¿son las teorías científicas (y las entidades teóricas postuladas por ellas) una representación objetiva de la realidad o, por el contrario, su función es meramente la de «salvar los fenómenos» conocidos —la de encajarlos y correlacionarlos— y servir como instrumento para predecir nuevos fenómenos? Se trata, como vemos, de dilucidar cuál es la mejor manera de interpretar las teorías científicas a la luz de los objetivos y los resultados alcanzados por la ciencia a lo largo de su historia. Los realistas asumen que las teorías científicas presentan un compromiso ontológico ineludible y tratan, por tanto, de establecer qué cosas hay en el mundo y por qué se comportan como lo hacen. De acuerdo con ello, la evidencia empírica puede proporcionar buenas razones para creer en la verdad (aproximada) de la teoría correspondiente. Los antirrealistas rechazan este compromiso ontológico. Las teorías científicas no deben entenderse como un intento de establecer qué cosas hay realmente en el mundo, ni debe tomarse la evidencia empírica como

fundamento para creer en su verdad objetiva porque, además, no es la verdad lo que buscan. Su función es sólo la de calcular y dar cuenta de las manifestaciones observables de las mismas de una forma simple y fructífera.

El debate entre realistas y antirrealistas tiene una larga historia. Ambas posiciones filosóficas, en tanto que ideales de conocimiento, recorren toda la filosofía desde sus comienzos. En lo que se refiere a su aplicación a la ciencia, los científicos mismos se han ocupado de este asunto, en ocasiones de manera muy activa, a lo largo de la historia de la ciencia. Son dignos de destacar al menos tres episodios históricos que ilustran muy bien los diferentes matices que puede adoptar el problema: la discusión sobre la interpretación de los modelos cosmológicos en la astronomía antigua, la discusión sobre la existencia de los átomos en la física y la química del siglo XIX y el problema de la interpretación de la mecánica cuántica (cfr. Diéguez, 1994 y 1998).

En el primer caso se trataba de establecer si los modelos cosmológicos debían considerarse sólo como hipótesis matemáticas que permitieran encajar las posiciones aparentes de los cuerpos celestes o si, por el contrario, debían considerarse como una representación de la realidad física. Desde la Antigüedad pueden rastrearse estas dos tradiciones. Los modelos de esferas homocéntricas de Eudoxo y Calipo (siglo IV a.C.) fueron concreciones del programa pitagórico-platónico que sólo permitía el movimiento circular en los cuerpos celestes. Eudoxo y Calipo no pretendían que estas esferas homocéntricas fueran reales. Bastaba con que las posiciones relativas de los cuerpos celestes engastados en ellas concordaran en un grado suficiente con las posiciones observadas. En cambio, Aristóteles sí concedió realidad física a esas esferas. Eso le llevó a ofrecer un sistema unificado de esferas que aumentaba su número y les asignaba propiedades materiales.

El enfrentamiento entre estas dos tradiciones se plasmó de forma más nítida con el surgimiento del sistema copernicano como alternativa al sistema ptolemaico. Aunque la posición de Ptolomeo con respecto a su modelo de epiciclos es todavía objeto de debate entre los historiadores, puede decirse que, en general, el modelo ptolemaico fue tenido durante toda la Edad Media como un artificio geométrico y un instrumento de cálculo, función que cumplió razonablemente bien a costa de ir aumentando su complejidad. Cuando Copérnico propuso su modelo geocéntrico en 1543 la cuestión de si debía interpretarse como hipótesis matemática o como modelo físico volvió a plantearse. En *Sobre las revoluciones de los orbes celestes*, Copérnico se expresa cautamente al respecto, muy posiblemente por temor a que su teoría fuera declarada contraria a las Escrituras, pero en algunos momentos deja traslucir su posición realista. Sin embargo, esta intención realista quedó oculta por el prólogo con el que se abría la obra y que fue atribuido inicialmente a Copérnico. En realidad fue escrito por el teólogo luterano Andreas Osiander, que era discípulo suyo. Osiander, para evitar conflictos previsibles con los teólogos y los físicos aristotélicos, creyó oportuno quitar fuste cosmológico a la teoría copernicana y avisó al lector de que las hipótesis de los astrónomos no debían tomarse literalmente, sino como instrumentos de cálculo. Debido a esto muchos copernicanos iniciales adopta-

ron una filosofía instrumentalista. Kepler fue uno de los primeros que defendieron una interpretación realista del sistema copernicano. La cuestión llegó a su punto culminante y desplegó sus consecuencias más sombrías con el enfrentamiento entre Galileo y el cardenal Roberto Bellarmino, consultor del Santo Oficio. El cardenal Bellarmino y otros miembros de la curia romana aceptaban inicialmente la eficacia y plausibilidad del sistema copernicano, hasta el punto de que fue utilizado para los cálculos en la elaboración del Calendario Gregoriano en 1582. Lo que no aceptaban era la pretensión de que dicho sistema representaba la estructura real del universo. La Iglesia no condenaba, pues, el sistema copernicano como tal, sino la interpretación realista del mismo, que llevaba aparejada una demolición del edificio teórico aristotélico-escolástico del que dependía casi toda la teología cristiana y que entraba en contradicción con algunos pasajes de las Escrituras. De ahí que Bellarmino aconsejara a Galileo, que era un firme defensor de la interpretación realista, que se contentara con afirmar el copernicanismo como una mera hipótesis con la que los astrónomos veían facilitada su labor de cálculo y que se abstuviera de defenderla como una verdad sobre el cosmos. El resto es ya historia bien conocida.

En el segundo caso el debate, que duró prácticamente un siglo, desde comienzos del siglo XIX hasta comienzos del siglo XX, se centró en el estatus que debía otorgarse a las entidades teóricas (inobservables) postuladas por las teorías científicas. El atomismo es una antigua teoría surgida en la Grecia clásica (Leucipo, Demócrito, Epicuro), pero fue John Dalton quien le dio su forma científica moderna. En 1808 y 1810 Dalton publicó las dos partes de su *Nuevo sistema de filosofía química*. En esta obra utilizaba la hipótesis de la existencia de los átomos para explicar la ley de las proporciones constantes. Esta ley recoge el hecho ya por entonces bien conocido de que los compuestos químicos contienen siempre proporciones definidas de sus elementos constituyentes, o dicho de otros términos, la proporción de los pesos de los elementos que aparecen en un compuesto es siempre la misma (por ejemplo, la proporción de los pesos de hidrógeno y oxígeno en el agua es siempre 1:8). Dalton fue capaz de obtener también como consecuencia una nueva ley relativa a las proporciones en la combinación de elementos: la ley de las proporciones múltiples. Según la misma, cuando dos elementos se combinan en proporciones diversas para formar más de un compuesto, estas proporciones diversas guardan entre sí una razón simple (por ejemplo, en el dióxido de carbono (CO_2) la razón de los pesos de carbono y oxígeno que se combinan es 3:8, mientras que en el monóxido de carbono (CO) es 3:4, siendo la razón entre ambas proporciones 1:2). Esta ley queda explicada si se supone que los átomos de un elemento pueden combinarse con más de un átomo (dos, tres, etc.) de otro elemento. En cambio, sin la hipótesis atómica el mantenimiento de estas proporciones sería un misterio.

Pese a estos logros, la teoría atómica de Dalton no recibió una acogida muy favorable por parte de los químicos y la mayoría la consideró una hipótesis metafísica con, a lo sumo, un apreciable valor heurístico. Los átomos eran inobservables y en ese momento no estaban bien vistas las hipótesis sobre entidades inobservables en la ciencia, tal como expusimos en el Capítulo 2. El átomo se en-

tendió como un recurso explicativo útil, como un «instrumento para representar fenómenos, al igual que las funciones matemáticas» (Mach, 1986, pág. 207), pero no como una entidad real. Las cosas empezaron a cambiar cuando la hipótesis atómica recibió un apoyo inesperado por parte de la física. A mediados de siglo Rudolf Clausius, James Maxwell y Ludwig Boltzmann desarrollaron de forma sistemática la teoría cinético-molecular de los gases, que explicaba el comportamiento de éstos mediante el supuesto de que estaban constituidos por partículas en movimiento libre que chocan entre sí. También contribuyó al afianzamiento de la hipótesis atómica la difusión y aceptación, especialmente a partir de la década de 1860, de la hipótesis de Avogadro, dada su utilidad en la determinación de los pesos atómicos. Esta hipótesis mantiene que volúmenes iguales de gases en las mismas condiciones de temperatura y presión contienen igual número de moléculas. No obstante, a finales del siglo XIX todavía quedaban científicos importantes, como Wilhem Ostwald, Ernst Mach y Henri Poincaré que rechazaban la idea de que los átomos fueran reales, idea que seguían considerando como una adherencia metafísica inverificable. Se dice que cuando alguien le hablaba a Mach de los átomos éste replicaba «¿ha visto usted alguno?».

El debate quedó definitivamente zanjado a partir de 1905. Ese año Einstein publicó un artículo (además del famoso trabajo que sentó las bases de la teoría de la relatividad) en el que utilizaba la teoría cinético-molecular para explicar el movimiento browniano, esto es, el movimiento aleatorio de partículas microscópicas en un fluido. En ese artículo el movimiento browniano era atribuido al choque de las moléculas del fluido con las partículas en suspensión y se hacía intervenir en las ecuaciones para determinar el desplazamiento medio de las partículas la constante N o número de Avogadro. El valor de dicha constante se refiere al número de moléculas que hay en un mol de cualquier sustancia. En 1913 el químico Jean Perrin mostró que el valor obtenido para N mediante trece procedimientos experimentales muy distintos coincidía de una manera sorprendente. Esa coincidencia sólo podía explicarse razonablemente si se admitía que N se refería a objetos reales. Las moléculas y, por lo tanto, los átomos debían existir en la realidad. Estos trabajos despejaron las pocas dudas que para entonces quedaban.

Finalmente, en el tercer caso lo que estuvo en discusión fue si las teorías científicas se refieren a una realidad independiente del observador o si, por el contrario, lo que llamamos 'realidad' es, al menos en algunos aspectos, una construcción dependiente del acto de observación. Si esto último fuera el caso, entonces las teorías harían referencia no al mundo tal como es «en sí mismo», sino al mundo tal como se nos da a través de nuestros propios filtros cognitivos e incluso a través de los instrumentos de medida, con los cuales formaría un todo inseparable. En efecto, de acuerdo con la interpretación de la teoría cuántica más aceptada entre los físicos (interpretación de Copenhague), los conceptos con que la física describe el mundo no son aplicables a los sistemas cuánticos considerados en sí mismos. Determinadas características que cambian en diferentes observaciones sólo se puede decir que adquieren «realidad» en el conjunto del dispositivo experimental. No tiene sentido atribuir una realidad objetiva e independiente a dichas propiedades mientras no están siendo obser-

vadas. Por ello, en tales casos, el lenguaje de la teoría cuántica habla de procesos e interacciones más que de propiedades o atributos. El *principio de complementariedad* de Bohr, por ejemplo, establece que podemos determinar el comportamiento de un sistema cuántico atendiendo a sus aspectos corpusculares o a sus aspectos ondulatorios, pero no podemos determinar ambos aspectos simultáneamente porque las condiciones experimentales en las que el sistema es susceptible de ser descrito como partícula excluyen a las condiciones experimentales en las que puede ser descrito como onda. Y, sin embargo, ambas descripciones son complementarias, puesto que, siendo excluyentes, son las dos necesarias para dar una caracterización completa del sistema. Pero no habría contradicción en ello. La posible contradicción se disipa si consideramos que son descripciones del *fenómeno* cuántico, es decir, del conjunto formado por el sistema observado y el instrumento de observación, que no pueden ser tratados con independencia el uno del otro. No son, pues, descripciones de una realidad objetiva, ya que si lo fueran, habría que atribuirle a ésta la posesión simultánea de propiedades contradictorias. Heisenberg, el padre de la mecánica de matrices, no duda en sacar de esto la conclusión más extrema: «Las leyes naturales que se formulan matemáticamente en la teoría cuántica no se refieren ya a las partículas elementales en sí, sino a nuestro conocimiento de dichas partículas» (Heisenberg, 1986, pág. 14).

Algunos físicos, entre los que destaca el nombre de Einstein, se opusieron a este modo de ver las cosas. Einstein pensaba que el realismo era irrenunciable en la física y se negaba a considerar que la teoría cuántica fuera la última palabra en lo que a la descripción de los sistemas cuánticos se refiere. En su opinión la teoría cuántica no estaba completa (y de ahí el papel que ésta atribuía al azar) y debía ser sustituida por una teoría mejor que recuperara el carácter determinista y realista de la física clásica. Como argumento en defensa de estas tesis desarrolló junto con sus colaboradores Boris Podolsky y Nathan Rosen un experimento mental sumamente ingenioso conocido hoy como 'paradoja Einstein-Podolsky-Rosen'. La discusión con Bohr en torno a este experimento mental se prolongó desde que fue propuesto en 1935 hasta la muerte de Bohr en 1962. Ciertos resultados experimentales obtenidos en 1982 parecen mostrar que no es viable la propuesta de Einstein de recuperar simultáneamente el realismo y el principio de localidad (el principio que mantiene si dos sistemas no interactúan en el momento de la medición, ningún cambio que tenga lugar en uno pueda ser consecuencia de un cambio en el otro). Sin embargo, la discusión sobre la posibilidad de otras interpretaciones realistas no-locales de la teoría cuántica todavía continúa.

2. ¿QUÉ ES EL REALISMO CIENTÍFICO?

Podemos comprobar por los ejemplos citados que el debate sobre el realismo es un asunto que trasciende los despachos de los filósofos de la ciencia y que ha interesado e interesa a muchos científicos, los cuales en consecuencia

han participado en él. Pero estos ejemplos también ponen de manifiesto que las tesis implicadas en el debate son diversas y que el realismo no se reduce a un enunciado simple.

En un intento de recoger, bien sea parcialmente, estos matices diferenciales, creo que es esclarecedor desglosar el realismo científico en cinco tesis principales:

1. *Realismo ontológico*. Las entidades teóricas postuladas por las teorías científicas bien establecidas existen (aunque pueda haber excepciones ocasionales). Se entiende por entidades teóricas aquellas entidades inobservables que son postuladas por alguna teoría. Dicho en otras palabras: los términos teóricos típicamente refieren. Al realismo ontológico se oponen el *instrumentalismo sobre entidades* (las entidades teóricas deben entenderse como recursos predictivos y ha de dejarse de lado la cuestión de su existencia real; los términos teóricos que las nombran no deben, por tanto, interpretarse literalmente como refiriéndose a entidades inobservables) y el *constructivismo social* (las entidades teóricas son construidas socialmente). El instrumentalismo sobre entidades forma parte del fenomenismo positivista o convencionalista, como quedó ilustrado en el debate sobre la existencia de los átomos. Una versión del mismo la encontramos en el reduccionismo lógico de Bertrand Russell y de algunos neopositivistas. Ha sido defendido también en alguna ocasión por Bas van Fraassen, aunque éste luego lo matizara. Su propuesta final, el *empirismo constructivo*, consiste en aceptar que los términos teóricos han de interpretarse literalmente y que las entidades teóricas pueden existir, pero considerando al mismo tiempo que las teorías científicas son aceptadas sólo por su adecuación empírica, es decir, por la verdad de sus consecuencias observables, y sin que de ahí debamos pasar a creer en la existencia de las entidades teóricas que postulan (cfr. Van Fraassen, 1980, págs. 204 y sigs.). El constructivismo social ha sido defendido por algunos sociólogos de la ciencia (véase Capítulo 8).
2. *Realismo epistemológico*. Las teorías científicas nos proporcionan un conocimiento adecuado, aunque perfectible, de la realidad tal como ésta es con independencia de nuestros procesos cognitivos. Al realismo epistemológico se oponen el *fenomenismo* (las teorías científicas sólo tratan de fenómenos observables) y el *idealismo epistemológico* (las teorías científicas versan sobre una realidad hecha, en alguna medida, por la mente). El fenomenismo ha sido la postura habitual dentro del positivismo y su representante más claro fue Mach. El idealismo epistemológico está presente en la filosofía de Kant, y podemos encontrar hoy una postura similar en el *realismo interno* de Hilary Putnam.
3. *Realismo teórico*. Las teorías científicas son susceptibles de verdad o falsedad. Al realismo teórico se opone el *instrumentalismo teórico* (las teorías científicas son instrumentos predictivos o de cálculo, útiles o inútiles, empíricamente adecuadas o inadecuadas, pero no verdaderas o falsas). El instrumentalismo teórico ha sido asumido por muy diferentes autores a lo largo de la historia, tanto en la ciencia como en la filosofía. Sus representantes más conocidos son Duhem, Poincaré y Mach.
4. *Realismo semántico*. Las teorías científicas son verdaderas o falsas en función de su correspondencia con la realidad. Al realismo semántico se opo-

- nen el *pragmatismo* (la verdad o falsedad de las teorías han de entenderse en relación con las actividades cognitivas humanas), el *coherentismo* (la verdad o la falsedad de las teorías no significa otra cosa que su coherencia con un sistema previamente aceptado de creencias o de teorías) y el *relativismo* (la verdad o la falsedad de las teorías son relativas a los contextos en los que éstas surgen). El pragmatismo lo encontramos, además de en los pragmatistas clásicos americanos, en Michael Dummett y en Hilary Putnam, el coherentismo fue defendido por Otto Neurath y el relativismo por Kuhn, Feyerabend y un buen número de sociólogos de la ciencia.
5. *Realismo progresivo*. La ciencia progresa teniendo como meta la verdad. Las nuevas teorías contienen más verdad y/o menos falsedad que las anteriores. Al realismo progresivo se opone lo que, a falta de nombre mejor, cabe llamar *antirrealismo sobre el progreso* (el progreso en la ciencia no puede ser establecido como un acercamiento creciente a la verdad). Dentro de este antirrealismo cabe una graduación de modalidades. Laudan y Van Fraassen aceptan ambos que las teorías científicas pueden tener un valor veritativo (realismo teórico), pero descartan que este valor desempeñe función alguna en la aceptación de las mismas por parte de los científicos y que deba considerarse como la meta de la ciencia el acercamiento progresivo a la verdad. Laudan, como vimos, sostiene que la aceptación de una teoría obedece a su efectividad en la resolución de problemas, la cual sería independiente de su verdad. Por su parte Van Fraassen afirma que el objetivo de la ciencia y lo que mueve a la aceptación de las teorías por parte de los científicos es el carácter empíricamente adecuado de las mismas. Ambas posturas podrían calificarse como «agnósticas» (el término es de Newton-Smith, 1987), ya que sostienen que hay progreso en la ciencia, pero éste no puede ser explicado como un acercamiento a la verdad. Mucho más radical sería el «ateísmo» de Feyerabend y otros relativistas en filosofía y sociología de la ciencia. Feyerabend pensaba que lo que llamamos progreso en la ciencia es juzgado como tal sólo desde un punto de vista que presupone los valores de la ciencia, pero las cosas podrían no ser vistas de igual manera desde otras perspectivas culturales¹.

Esta clasificación no pretende ser la mejor de las posibles, ni tampoco la más completa². Pero creo que es suficientemente ilustrativa de la variedad que cabe apreciar en unas posiciones teóricas que a veces son presentadas como si se tratasen de una simple dicotomía. A estas variantes de realismo y de antirrealismo podrían añadirse aún algunas otras. Hay una modalidad que no se ha incluido en la clasificación, por considerarla secundaria con respecto a las demás, pero que es útil mencionar debido a su frecuente aparición en los textos, especialmente en los de los críticos del realismo. Me refiero al *realismo intencional*. Esta modalidad del realismo sostiene que cuando los científicos proponen sus

¹ Tomo esta precisión de Echeverría (1999), pág. 301.

² Para otras posibles clasificaciones, a las cuales debe parcialmente la que ofrezco, remito al lector a Moulines (1991), cap. II.2, Haack (1987), Niiniluoto (1987b), págs. 154-155 y González (1993).

teorías, *pretenden* afirmar la existencia de las entidades correspondientes a los términos (incluidos los teóricos) de dichas teorías. Digamos de pasada que pocos realistas defienden esto, entre otras razones porque las pretensiones de los científicos individuales pueden ser muy distintas y su análisis es más sociológico que filosófico. Quizá alguien eche también en falta entre las posiciones opuestas al realismo ontológico la más radical de todas: el *idealismo metafísico* (el mundo sólo es en relación al sujeto). Si no aparece en su lugar correspondiente es porque no es relevante en el debate actual sobre el realismo científico. Lo más parecido a ella es la tesis de Von Neumann y de Wigner sobre la inevitable referencia de los fenómenos cuánticos a una conciencia que los observa. Sin embargo, esto no puede calificarse sin más de idealismo metafísico, puesto que la tarea «creadora» de la conciencia queda limitada a un ámbito muy concreto: el colapso de la función de onda. Por el mismo motivo tampoco se ha incluido el *escepticismo* entre las posiciones opuestas al realismo epistemológico, si bien es verdad que lo que en ocasiones puede leerse en autores posmodernistas está muy cerca de él.

Estas cinco tesis no obligan a una aceptación conjunta y, de hecho, sólo la filosofía de algunos realistas fuertes como Popper y Mario Bunge encajaría con todas. Lo más frecuente es que los defensores del realismo asuman sólo algunas de ellas, como es el caso de Ian Hacking o de Ronald Giere, o que, si las aceptan en su totalidad, lo hagan de forma muy matizada, como sucede con Ilkka Niiniluoto. No obstante, no todas las combinaciones parecen posibles. Entre estas tesis realistas existen relaciones de orden que obligan a aceptar algunas si es que se aceptan otras determinadas.

Así por ejemplo, el realismo epistemológico presupone el realismo ontológico. No tendría sentido creer que las teorías científicas nos proporcionan un conocimiento adecuado (aunque perfectible) de la realidad tal y como es en sí misma y, al mismo tiempo, negar una referencia objetiva a todos los términos teóricos de cualquier teoría. Sería incoherente sostener que la teoría de la relatividad nos dice algo sobre el modo en que realmente está constituido el universo mientras que se niega la existencia real de referentes para términos como espacio-tiempo, masa, energía, etc. Sin embargo, esta relación no se da a la inversa. El realismo ontológico no exige la aceptación del realismo epistemológico. Es posible pensar que los términos teóricos tienen una contrapartida real que los hace ser algo más que instrumentos de cálculo —contrapartida a la cual se refieren cuando son utilizados—, y considerar a la vez que nunca alcanzamos mediante nuestras teorías un conocimiento de la realidad tal como es en sí misma, sino sólo tal como nos llega a través de nuestros lenguajes, esquemas conceptuales, categorías mentales, instrumentos de medida, etc. El idealismo epistemológico, el realismo interno de Putnam y cierto tipo de fenomenismo, como el de Niels Bohr en su interpretación de la teoría cuántica, comparten esta opinión de claro sabor kantiano.

Del mismo modo, el realismo semántico exige, como resulta obvio, la aceptación del realismo teórico, pero no al contrario. Un realista semántico sostiene que las teorías científicas son (aproximadamente) verdaderas o falsas, y en esto

coincide con el realista teórico, pero entiende además que esa verdad o falsedad significa que las teorías se corresponden o no en un cierto grado con el mundo. En cambio, un pragmatista, un relativista o un coherentista admitirán la atribución de verdad o falsedad a las teorías científicas, pero no las entenderán como una correspondencia o falta de correspondencia entre el contenido de las teorías y la realidad objetiva.

También el realismo progresivo presupone el realismo teórico, sin que suceda a la inversa; lo que permite a Kuhn, Laudan y Van Fraassen aceptar el realismo teórico al tiempo que niegan que el acercamiento progresivo a la verdad sea la meta de la ciencia.

Por lo normal, el realismo progresivo va también acompañado del realismo semántico y del realismo epistemológico, pero no siempre sucede así. Por ejemplo, el pragmatista C. S. Peirce creyó en la convergencia de la investigación científica hacia una teoría ideal, sin que ello le llevara a asumir el realismo semántico.

Por otra parte, el realismo teórico no exige mantener el realismo epistemológico, como lo muestra el caso de Putnam (y anteriormente el de Kant). E igualmente, se puede ser un realista semántico y negar al mismo tiempo el realismo ontológico o el epistemológico. En efecto, cabe pensar que no sea factible en la práctica atribuir ningún grado de verdad o falsedad a las teorías científicas (aun cuando sean susceptibles en principio de tal atribución), dado que éstas contienen afirmaciones sobre entidades no observables cuya supuesta verdad es más prudente dejar en suspenso, y que, por tanto, debe limitarse todo juicio sobre dichas teorías a su mayor o menor adecuación empírica, lo que es tanto como decir, a su grado de correspondencia con los fenómenos *estrictamente observables*. Esto es, por ejemplo, lo que hace Van Fraassen y lo que le lleva a tratar las entidades teóricas exclusivamente como recursos predictivos de nuevos fenómenos.

Aparte de ilustrar claramente por qué el realismo científico no debe ser entendido como una cuestión de todo o nada, hay otro dato importante a destacar en este entramado de relaciones que se acaba de esbozar. Es fácil constatar que la posición que se adopte sobre el problema de la *verdad* en la ciencia es independiente de la posición que se asuma con respecto al realismo ontológico y epistemológico. Esto es algo que ha sido suficientemente argumentado por Michael Devitt, quien termina su libro *Realism and Truth* afirmando: «Ninguna doctrina de la verdad es en modo alguno constitutiva del realismo» (Devitt, 1984, pág. 227). En lo dicho antes se confirma esta afirmación. Ninguna de las tres tesis realistas que incluyen el concepto de verdad (realismo teórico, realismo semántico y realismo progresivo) exige la previa aceptación del realismo ontológico y del epistemológico, que constituyen, por decirlo así, la base del realismo científico.

Se puede, por tanto, ser antirrealista y defender que la verdad cumple un papel importante en la ciencia —tal es el caso de muchos pragmatistas. Mientras que, en contrapartida, se puede ser un realista ontológico y epistemológico sin que ello determine compromiso alguno con respecto a una de-

terminada concepción de la verdad. Esta independencia relativa entre los aspectos ontológicos-epistemológicos del realismo y la creencia en que las teorías científicas pueden aproximarse a la verdad ha sido plasmada de forma concreta en la obra de varios autores, principalmente Ian Hacking (1996), Nancy Cartwright (1983), Rom Harré (1986) y Ronald Giere (1988). Todos ellos han defendido, con diferentes matices, un realismo desligado del concepto de verdad.

Algunos realistas (Boyd y Devitt, por ejemplo) han propuesto que el realismo científico sea entendido como una hipótesis científica equiparable a cualquier otra hipótesis perteneciente a la ciencia, en especial en lo que respecta a su capacidad para ser contrastada empíricamente. El realismo científico formaría parte así de la epistemología naturalizada y pretendería describir el modo en que proceden los científicos en la elaboración, interpretación y evaluación de teorías. Su contrastación empírica se llevaría a cabo a partir de los datos proporcionados por la historia de la ciencia y por otras disciplinas metacientíficas. Estos datos bastarían para confirmarlo o desmentirlo. No obstante, esta idea no es aceptada por todos los realistas (cfr. Musgrave, 1988). Para muchos de los que no la aceptan, el realismo científico, como concepción general del conocimiento científico, es entendido más adecuadamente en su función interpretativa; y debe ser su capacidad para proporcionar una mejor o peor visión que sus rivales de nuestra relación cognitiva con el mundo, así como para dotar de sentido y coherencia a los numerosos y multiformes aspectos de dicha relación, lo que proporcione la base para cualquier juicio sobre él. La evidencia empírica tiene, claro está, un papel que cumplir en este juicio, pero no con la preeminencia ni la intensidad que se le otorga en la contrastación de una hipótesis científica.

Para precisar más cómo debe entenderse el realismo científico contemporáneo conviene hacer aún algunas matizaciones adicionales. En primer lugar, nada en el realismo le impide reconocer que no todos los términos teóricos utilizados en la ciencia tienen la misma función epistemológica ni la misma índole semántica. El realismo puede aceptar que no todos se utilizan para designar directamente una entidad o propiedad real. Los hay como 'masa' en física que sí pretenden hacerlo. Pero los hay también como '*homo oeconomicus*' en economía o 'gas ideal' en física cuya finalidad es más bien ofrecer modelos heurísticos idealizados acerca de realidades mucho más complejas. Los hay como 'color' y 'sabor', atribuidos como propiedades a los *quarks* en la cromodinámica cuántica, que son puramente instrumentales. Y los hay finalmente como 'inteligencia' en psicología o 'tiempo' en física sobre los que se discute si hacen una cosa u otra.

En segundo lugar, el realismo científico no implica, pese a lo que escribe Nicholas Rescher, que «las ideas de *nuestra* ciencia de hoy describen correctamente el mobiliario del mundo real [...], que los objetos del mundo real son exactamente como nuestra ciencia afirma que son» (Rescher, 1994, pág. 186). No se ve ninguna razón por la cual el realismo científico deba llevar a la conclusión de que «hemos comprendido las cosas a la perfección, de suerte que *nues-*

tra ciencia es la ciencia *correcta* y ofrece la 'última palabra' definitiva sobre estos problemas» (ibíd., pág. 185). Tampoco tiene necesariamente que comprometerse con la existencia hipotética de una sola descripción verdadera del mundo. Dicho claramente: el falibilismo, el pluralismo y el perspectivismo no son doctrinas excluidas por el realismo. Al entender 'oxígeno', 'fuerza' o 'electrón' como términos que tienen un correlato real no se presupone que hemos dicho la última palabra sobre ellos, ni siquiera que no podamos estar equivocados sobre la existencia de sus referentes. Significa tan sólo que nuestras teorías, provisionales y falibles, nos dicen que el mobiliario del mundo es de cierta manera y que aceptarlas conlleva habitualmente aceptar dicho mobiliario de forma también provisional y falible.

En tercer lugar, el realista puede asumir del mismo modo que el instrumentalista el hecho de que los científicos aceptan sus teorías por muy diversas razones en diferentes contextos, y entre ellas por su utilidad práctica, con independencia de lo que piensen sobre su verdad. Hay ocasiones en que a los científicos les basta que una teoría o un modelo funcione razonablemente bien para aceptarlo, incluso aunque tengan razones para pensar que la realidad es muy distinta de la teoría o modelo en cuestión. Tal como dijimos más arriba, muchos químicos del siglo pasado aceptaron la teoría atómica de Dalton a modo de recurso heurístico y predictivo porque pensaban que el átomo era sólo una ficción útil. A comienzos del siglo xx, Max Planck introdujo la noción de cuanto de acción como un artificio matemático para hacer encajar las ecuaciones con los resultados experimentales sobre la emisión y absorción de energía, pero sin creer en principio que la radiación de energía fuera realmente discontinua. Muchos físicos usan hoy la función de onda como un instrumento de cálculo y no considerarían adecuado hablar de su verdad o falsedad, puesto que para ellos no refleja ningún estado real. Un realismo atento a la historia de la ciencia no puede negar estos hechos ni otros muchos similares.

En lo que el realismo insiste, sin embargo, es en que no toda teoría es aceptada sólo por su valor instrumental ni todos los términos teóricos son meros recursos heurísticos. Para el realismo, en las ciencias maduras los términos teóricos deben entenderse generalmente como refiriéndose a algo real, en ocasiones a través de un modelo muy idealizado, y, por tanto, deben tener un valor ontológico y no sólo instrumental. En tales casos, la aceptación de la teoría a la que pertenecen suele comportar la creencia en la existencia de las entidades a las que se refieren. En cambio, cuando los científicos aceptan una teoría sin creer en ella, sólo por su utilidad práctica, muchos de sus términos teóricos son tomados como meros recursos predictivos. Esto ocurre de hecho en la ciencia, pero el realista cree que la tendencia a largo plazo es que las teorías que se aceptan sólo por su valor instrumental sean sustituidas por otras cuyas entidades son tenidas por reales.

Así pues, ningún realista está obligado a admitir, pese a lo que sostiene Van Fraassen (1980, pág. 8), que *toda* aceptación de una teoría por parte de los científicos implique que éstos creen en la verdad literal de la teoría. Esta caracteriza-

ción del realismo es excesivamente exigente. Una cosa son los motivos que tienen los científicos para aceptar teorías, que como queda dicho son muy diversos, y otra es la relación que las teorías científicas mantienen con el mundo. El realismo es una respuesta a esto último.

El realismo científico ha tenido que responder a tres desafíos fundamentales lanzados desde las filas antirrealistas: la inconmensurabilidad de las teorías científicas, la meta-inducción pesimista y la infradeterminación de las teorías por la evidencia empírica.

La tesis de la inconmensurabilidad de las teorías, según vimos, establece que los criterios de estimación con los que se juzga a las grandes teorías rivales, incluidos los criterios con los que determinar qué ha de ser tenido por verdadero o por falso, son criterios basados en los deseos, los valores, la ideología y la psicología de los científicos antes que en la naturaleza de las teorías y en su relación con la evidencia empírica disponible. Cualquier evaluación comparativa entre estas teorías será deudora de factores externos al contenido de las propias teorías. No hay progreso hacia teorías con mayor contenido de verdad, porque ni siquiera podemos comparar el contenido de las teorías rivales en términos de verdad objetiva. En consecuencia, el realismo progresivo queda minado si se acepta la tesis de la inconmensurabilidad tal y como Kuhn la entiende.

El tema de la inconmensurabilidad ha sido ya tratado con suficiente detalle en el Capítulo 5. Nos limitaremos ahora a exponer las dos cuestiones restantes.

3. LA EXPLICACIÓN REALISTA DEL ÉXITO Y LA META-INDUCCIÓN PESIMISTA

La ciencia ha sido una empresa sumamente exitosa. Cuando se habla del éxito de la ciencia —vaya esto por delante— no se está haciendo una valoración moral sobre sus resultados o sobre su función actual en la sociedad, ni se está diciendo que la ciencia haya triunfado definitivamente y en todos los terrenos sobre otras maneras de enfocar la realidad. Lo que se quiere decir es simplemente que la ciencia ha alcanzado ciertos logros concretos que consideramos difíciles y estimables. Lo cual no quita para que haya fuera de la ciencia otras cosas que consideremos aún más estimables, y ni siquiera quita que estos logros de la ciencia puedan volverse, como parece que está ya ocurriendo, en contra de la propia existencia del ser humano sobre este planeta. Por otro lado, reconocer que la ciencia tiene éxito en la consecución de ciertos objetivos no es desconocer que también el fracaso ha estado y está presente en la investigación científica. La historia de la ciencia nos muestra que junto a experimentos que han salido bien, a hipótesis que se han mantenido largo tiempo, a predicciones que se han cumplido, etc. ha habido también experimentos fracasados, hipótesis rápidamente abandonadas o simplemente fallidas y predicciones incumplidas. Hasta pudiera ser (aunque esto es una visión en exceso pesimista) que el éxito de la ciencia no fuera más que la punta del iceberg, y que la gran masa de la investigación científica estuviera constituida por fracasos y errores. Aun así,

seguiría teniendo sentido analizar qué hace posible esa pequeña cima emergente de éxito.

Este éxito de la ciencia tiene diversas facetas, pero se puede cifrar en dos logros fundamentales: una gran capacidad predictiva, que se pone de manifiesto de forma llamativa en la predicción de fenómenos completamente desconocidos antes de que una teoría científica los señalara, y una gran capacidad para transformar el mundo a través de los instrumentos desarrollados por la tecnología ligada a la ciencia. Estas dos capacidades han ido además en aumento a lo largo de la historia. No todo cambio de teoría ha comportado un aumento en el número o la efectividad de las predicciones realizadas tras el cambio, o en la aplicabilidad práctica de los conocimientos, pero las nuevas teorías han solido desplegar con el tiempo, en ocasiones mucho después de su aceptación, esas capacidades en mayor grado que las anteriores. Así, en los sentidos señalados del éxito, la teoría cuántica ha superado de forma amplia a todas las teorías anteriores.

El éxito predictivo e instrumental de la ciencia es algo demasiado importante, tanto desde el punto de vista epistemológico y filosófico como desde el punto de vista práctico, como para no reclamar una explicación. En primer lugar porque no deja de ser sorprendente que el ser humano, con sus notorias limitaciones físicas y biológicas, disponga de una herramienta tan eficaz para modificar su entorno. Y en segundo lugar porque otras formas de saber no han conseguido nada igual, e interesa conocer las razones.

Muchos realistas (aunque no todos) han tratado de explicar el éxito predictivo e instrumental de la ciencia recurriendo al carácter (aproximadamente) verdadero o verosímil de las teorías científicas. Entenderemos la verosimilitud, de manera informal pero suficiente para nuestros propósitos, como la unión de la verdad aproximada y un alto contenido informativo (cfr. Niiniluoto, 1999). Para un realista destacado, como Richard Boyd, la verdad aproximada de las teorías científicas explica la fiabilidad de los métodos de la ciencia, que son dependientes de dichas teorías, y esta fiabilidad de los métodos explica a su vez, en una relación dialéctica, la verdad aproximada de las nuevas teorías (cfr. Boyd, 1996). Muchos realistas han defendido la idea de que si las entidades teóricas postuladas por las teorías científicas no existieran en absoluto, y, por tanto, si esas teorías no fueran aproximadamente verdaderas, el éxito de la ciencia sería un milagro (Maxwell, 1962, Smart, 1963 y Putnam, 1975 y 1978 son referencias clásicas en este punto). Así lo expresaba Putnam, antes de convertirse en un crítico de estas tesis:

Si hay tales cosas [electrones, espacio-tiempo curvo, moléculas de ADN], entonces una explicación natural del éxito de estas teorías es que son *informes parcialmente verdaderos* de su comportamiento. Y una explicación natural del modo en que las teorías científicas se suceden unas a otras —por ejemplo, el modo en que la Relatividad einsteiniana sucedió a la Gravitación Universal newtoniana— es que se reemplaza una explicación parcialmente correcta/parcialmente incorrecta de un objeto teórico —digamos, el campo gravitatorio, o la estructura métrica del espacio, o ambos— por una explicación *me-*

por del mismo objeto u objetos. Pero si estos objetos no existen realmente, entonces es un *milagro* que una teoría que habla de acción gravitatoria a distancia prediga con éxito los fenómenos; es un *milagro* que una teoría que habla de espacio-tiempo curvo prediga con éxito los fenómenos; y el hecho de que las leyes de la teoría anterior sean derivables 'en el límite' de las leyes de la teoría posterior no tiene significación metodológica (Putnam, 1978, pág. 19).

Como puede apreciarse, Putnam emplea aquí el modo de inferencia denominado 'inferencia de la mejor explicación' (véase capítulo 2), sólo que en vez de emplearla para explicar hechos científicos mediante hipótesis concretas, la emplea en un nivel filosófico o de segundo orden para explicar el éxito de las teorías científicas. El realista que acepta esta estrategia razona del siguiente modo: el éxito de la ciencia es un hecho sorprendente que necesita explicación y, frente a otras explicaciones alternativas, la verdad (aproximada) de las teorías científicas es la mejor explicación de dicho éxito, por lo tanto, las teorías científicas exitosas deben ser verdaderas (o muy cercanas a la verdad). Éste ha sido precisamente uno de los argumentos principales que ha utilizado el realismo en su defensa. No es extraño que haya sido también objeto de numerosas críticas por parte de los antirrealistas.

Aclaremos ante todo que lo que el realista suele afirmar no es que la verdad sea la *única explicación* del éxito práctico de una teoría concreta, sino que es la *mejor explicación* del éxito generalizado y creciente del conocimiento científico. El éxito puede ser debido en ocasiones puntuales a otros factores diferentes de la verdad, por ejemplo, al azar. Las causas del éxito de una teoría determinada pueden variar, y es evidente que ideas equivocadas pueden llevar a veces a resultados prácticos exitosos. La construcción de las primeras máquinas de vapor se llevó a cabo sobre la base teórica falsa de que el calor era un fluido sutil (el calórico) que pasaba de los cuerpos calientes a los cuerpos fríos. También, como nos recuerda Rescher, los navegantes se orientaron muy bien durante siglos pensando que las estrellas estaban fijas en la bóveda celeste, algo que no puede ser considerado hoy ni siquiera como «aproximadamente verdadero» (cfr. Rescher, 1987, págs. 65-66). Del éxito de una teoría no puede, pues, inferirse *necesariamente* su verdad. Y el realista no lo hace, sólo sostiene que la verosimilitud de las teorías científicas es la mejor explicación del éxito de la ciencia. Un éxito prolongado y repetido de una teoría en situaciones diversas o de una serie de teorías lógicamente relacionadas sí es para él una señal —por supuesto falible— de que entre la teoría y la realidad existe algo más que una adecuación empírica. ¿Por qué si no esta adecuación empírica continuaría dándose en las situaciones nuevas? Ciertamente que una teoría falsa puede circunstancialmente tener éxito, pero ¿cómo podrían ser explicados sin recurrir al concepto de verdad la coherencia y el apoyo mutuo de diversas teorías con éxito en ámbitos diferentes?

Una crítica de carácter básico que ha sido hecha contra la explicación realista es que la verdad no tiene fuerza explicativa alguna (cfr. Levin, 1984 y Bird, 2000, págs. 141-143). Afirmar de una teoría que es verdadera o verosímil no explicaría su éxito, ya que con esa mera afirmación no se ponen de manifiesto los

mecanismos que producen ese éxito. Decir que la mecánica de fluidos es verdadera no ilustra acerca de qué es lo que hay en ella que sirve para hacer que vuelen los aviones. Lo que explicaría que vuelen los aviones sería el efecto Venturi, no la verdad del efecto Venturi³. El éxito de una teoría vendría explicado por la teoría misma; la afirmación de su verdad no añadiría nada a la cuestión.

Una posible respuesta del realista a esta objeción sería distinguir entre explicar por qué se producen ciertos fenómenos y explicar por qué una teoría tiene éxito cuando se aplica a ellos. La teoría versa acerca de los fenómenos, pero nada dice acerca de su propio éxito. Explicar por qué vuelan los aviones lo puede hacer el efecto Venturi y la mecánica de fluidos en general (junto con otras teorías auxiliares), pero cosa muy distinta es explicar por qué el efecto Venturi y la mecánica de fluidos tienen éxito para hacer esto. No debe confundirse la explicación de por qué se tiene éxito con una teoría con la explicación de por qué se producen los fenómenos de determinada manera según la teoría, es decir, con la explicación de cómo se consigue ese éxito (cfr. Musgrave, 1988 y, para una respuesta distinta, Niiniluoto, 1999, pág. 194).

Desde este planteamiento realista podría decirse, por ejemplo, que el enunciado «'la nieve es blanca' es verdadero» no explica por qué la nieve es blanca, pero sí por qué hay ciertas cosas con respecto a la nieve que funcionan (como camuflarse en ella con un traje blanco) y otras que no. De igual modo, el enunciado 'la teoría *T* es verdadera' no explica ninguno de los fenómenos que caen bajo el dominio de la teoría *T*. Dichos fenómenos sólo son explicados cuando presentamos la teoría *T*. Si esta teoría tiene éxito, los fenómenos ocurrirán como dice la teoría. Ahora bien, la teoría *T* no explica su propio éxito. Si los fenómenos fueran distintos de como se pensaban hasta el momento, la teoría *T* seguiría siendo la misma y, sin embargo, carecería de éxito en tal caso. En cambio, la verdad de la teoría *T* explica por qué dicha teoría tiene éxito, aunque con la afirmación de esa verdad no se vaya más lejos de ahí. Un lego en física que acepte que la teoría cuántica es aproximadamente verdadera puede explicar así su éxito, pero no podrá explicar ni un solo fenómeno cuántico.

Otra crítica especialmente significativa y, caso de ser correcta, la más dañina para la explicación realista del éxito es la realizada por Laudan en su artículo de 1981, titulado «A Confutation of Convergent Realism». A veces se la denomina la 'meta-inducción pesimista' o más sencillamente la 'inducción pesimista'.

Según Laudan, el realista se compromete en su argumentación con las dos tesis siguientes:

³ Para una situación como la de un objeto moviéndose en un gas, la ecuación de Bernoulli establece que $P + 1/2 \rho v^2 = \text{constante}$, donde P es la presión, ρ la densidad y v la velocidad del fluido. De esta ecuación se sigue que un aumento en la velocidad implica una disminución en la presión. En eso consiste el efecto Venturi. Como la velocidad del aire en la parte superior del ala de un avión es mayor que en la parte inferior, la presión en esta parte inferior es mayor, lo que hace que el avión se sostenga.

- (T₁) Si una teoría es aproximadamente verdadera, entonces tendrá éxito explicativo.
 (T₂) Si una teoría tiene éxito explicativo, entonces probablemente es aproximadamente verdadera.

Aquí se habla sólo de éxito explicativo, pero en su caracterización del éxito Laudan incluye también lo que venimos denominando éxito predictivo. Por lo tanto, si bien esto puede resultar discutible para algún intérprete, entendemos que el argumento de Laudan no se refiere sólo al éxito explicativo, sino también al éxito predictivo (y cabe suponer también que al instrumental). De hecho, así es como se ha interpretado habitualmente dicho argumento desde las filas realistas. A la primera tesis Laudan la llama «el camino hacia abajo» y a la segunda «el camino hacia arriba». Lo que intenta mostrar en el mencionado trabajo es que ambas tesis son falsas.

Las razones que Laudan aporta para rechazar (T₁) son simples. En su opinión, podría admitirse que una teoría verdadera tiene que ser exitosa, dado que las conclusiones que se derivan de una teoría verdadera han de ser verdaderas, pero la lógica de la verdad aproximada no permite decir lo mismo de una teoría aproximadamente verdadera. Las consecuencias de una teoría aproximadamente verdadera no tienen por qué ser también aproximadamente verdaderas. Una teoría puede ser aproximadamente verdadera y, sin embargo, todas sus consecuencias contrastadas pueden ser falsas (cfr. Laudan, 1981b/1996, pág. 119). Así pues, la verdad aproximada no garantiza el éxito predictivo. Pero además, carecemos de un criterio adecuado para atribuir la verdad aproximada a una teoría.

A estas objeciones contra (T₁) ha replicado Niiniluoto desde el lado realista. Su concepto de *grado esperado de verosimilitud* intenta proporcionar un criterio epistémico falible pero adecuado para atribuir la verdad aproximada a una teoría. Por otra parte, de la definición de verosimilitud que ofrece Niiniluoto se sigue que, bajo ciertas condiciones, si una teoría es verosímil, el grado de verdad aproximada de sus consecuencias deductivas debe ser relativamente alto (cfr. Niiniluoto, 1984, pág. 179 y 1999, págs. 194-196).

No obstante, independientemente de que se esté de acuerdo o no con las razones que aduce Laudan, creo que el realista debe admitir que la verosimilitud no tiene por qué conducir siempre al éxito predictivo e instrumental. O empleando los términos de Laudan, debe admitir que el camino hacia abajo no está expedito en todas las ocasiones. Para que una teoría tenga éxito predictivo e instrumental, hacen falta más cosas que su verdad aproximada, su verosimilitud o su verdad a secas. Hace falta contar con hipótesis auxiliares y datos correctos y lo más completos posible acerca de las condiciones iniciales. Sin ellos la predicción es irrealizable o resulta fallida. Hace falta concretar el modo en que se pueden aplicar tecnológicamente los conocimientos. No siempre es fácil, inmediata o factible la obtención de normas tecnológicas a partir de una teoría, y sin ellas no habrá aplicación práctica de la teoría, por muy verosímil que sea. Hace falta que los sistemas a los que la teoría se aplica no sean excesi-

vamente complejos y que no estén sometidos a contingencias azarosas. Es posible, por ello, que teorías aproximadamente verdaderas e incluso altamente verosímiles o verdaderas carezcan de éxito predictivo e instrumental. La teoría sintética de la evolución, por ejemplo, presenta características que la hacen buena candidata para ser tenida por una teoría altamente verosímil y, con todo, no puede realizar predicciones significativas de hechos verdaderamente nuevos ni ha generado aplicaciones tecnológicas.

No obstante, el realista puede retener la tesis más débil de que una verosimilitud alta conduce normalmente al éxito predictivo y práctico cuando se cuenta con los requisitos señalados. Después de todo, Laudan no niega la posibilidad de que exista alguna conexión entre éxito y verosimilitud; él sólo exige que se argumente dicha conexión de una forma independiente (cfr. Laudan, 1981b/1996, págs. 118-119).

Para mostrar que el camino hacia arriba (T_2) tampoco es transitable, Laudan presupone que un realista jamás aceptaría que una teoría es aproximadamente verdadera si sus términos centrales carecen de referencia. Sentado esto, cita diversos ejemplos de teorías del pasado que fueron exitosas pero que hoy reconocemos como carentes de referencia. Entre éstas están las esferas cristalinas de la astronomía antigua, la teoría del flogisto, la teoría del calórico, el éter electromagnético, el éter óptico y la teoría de la generación espontánea.

Las estrategias realistas para desestimar la crítica de Laudan se han prodigado desde la publicación del artículo al que venimos haciendo referencia (cfr. Niiniluoto, 1999, págs. 190-192). Las principales han sido:

1. Negar la relevancia de los ejemplos citados por no tratarse en su mayoría de casos tomados de ciencias *maduras*. En las ciencias actuales, en las cuales han aumentado los controles metodológicos, no son de esperar ya esos fracasos en la referencia (cfr. Hardin y Rosenberg, 1982, Devitt, 1984, pág. 146, Boyd, 1996 y Worrall, 1996).
2. Negar que se traten de teorías realmente exitosas, en especial en lo que se refiere a la realización de predicciones novedosas (cfr. Musgrave, 1988, McAllister, 1993 y Leplin, 1997, cap. 6).
3. Utilizar un concepto menos estricto de referencia, con lo que las teorías citadas no fracasarían en su referencia y, por tanto, podrían ser consideradas aproximadamente verdaderas. Algunas propuestas en este sentido son la referencia parcial, la referencia aproximada, el potencial heterogéneo de referencia, el principio de caridad, etc. (cfr. Hardin y Rosenberg, 1982, Devitt, 1984, págs. 147-149, Cummiskey, 1992, Psillos, 1994, Kitcher, 1993, págs. 141-149 y Niiniluoto, 1999, págs. 129-132).
4. Sostener que teorías cuyos términos centrales carecen de referencia pueden ser, pese a todo, aproximadamente verdaderas (cfr. Hardin y Rosenberg, 1982, Niiniluoto, 1984, págs. 182-183 y 1999, págs. 190-192, y Psillos, 1994).
5. Argumentar que en el éxito de las teorías citadas los constituyentes teóricos que incluían términos sin referencia o eran manifestamente falsos no jugaron un papel indispensable (cfr. McMullin, 1984, Kitcher, 1993, Psillos, 1994 y 1996, y Leplin, 1997, cap. 6).

Todas estas estrategias tienen, sin embargo, sus debilidades. La primera sólo consigue en el mejor de los casos reducir la lista de contraejemplos e introduce un factor de arbitrariedad a la hora de dirimir cuándo estamos ante una ciencia madura y cuándo no (cfr. Leplin, 1997, pág. 141). Además, deja por explicar el éxito de esas teorías «inmaduras» que descarta, así como tampoco dice nada acerca de por qué no es esperable en las ciencias «maduras» que las teorías que fracasasen en la referencia tengan éxito (¿si puede haber éxito sin referencia en las ciencias inmaduras, por qué no en las maduras?). La segunda estrategia es mejor, pero el concepto mismo de 'predicción novedosa' es un concepto controvertido y de difícil caracterización (cfr. Brush, 1994). Por otra parte, no está nada claro que teorías que fracasaron en la referencia no hayan hecho ninguna predicción novedosa. Martin Carrier (1991) cita dos ejemplos para mostrar que sí lo hicieron: la teoría del flogisto predijo las propiedades reductoras del hidrógeno, y la teoría del calórico predijo la igualdad de la expansión térmica de todos los gases. Es también muy conocida la predicción que hizo Fresnel sobre la base de la teoría ondulatoria de la luz y el éter lunífero. Predijo con acierto que en el centro de la sombra de un disco opaco iluminado por un rayo de luz aparecería un punto luminoso. Usando las estrategias 3 ó 4 el realista podría replicar que estas teorías eran, después de todo, aproximadamente verdaderas. Pero estas dos estrategias también son problemáticas. La tercera exige una generosidad demasiado grande en la forma de concebir la referencia, pues ¿hasta dónde habría que extender dicho concepto para que las esferas cristalinas, los epiciclos, la fuerza vital o los cuatro humores fueran conceptos con referencia genuina? Algo parecido ocurre con la cuarta estrategia. Ésta encierra el peligro, que ha señalado André Kukla, de que «cuanto más liberales seamos en nuestra interpretación de la verdad aproximada, más probable es que sucumbamos a la acusación de que la verdad aproximada de nuestras teorías no nos da licencia para adoptar una actitud realista hacia ellas» (Kukla, 1998, pág. 15).

La quinta estrategia exige rigurosos análisis históricos, todavía escasos —y ésta sería su principal debilidad—, pero parece ser más prometedora que las demás. Como dice Kitcher, no basta con señalar que la geología anterior a 1960 era exitosa y que no era aproximadamente verdadera, dado que negaba el movimiento lateral de los continentes. Para conceder el tanto a Laudan, éste debería mostrar que la negación de la deriva continental jugó algún papel en el éxito de la geología en ese período (cfr. Kitcher, 1993, pág. 142). El realista mantendría, por el contrario, que los componentes de una teoría que realmente han contribuido a su éxito predictivo e instrumental son conservados en las teorías posteriores dentro del mismo dominio.

Abundando en esta idea, Niiniluoto propone sustituir (T_2) por otra tesis (T_2') mucho más acorde con lo que realmente sostiene el realista:

(T_2') Si una teoría tiene éxito empírico, y sus postulados teóricos son indispensables para la derivación de las consecuencias empíricas, entonces la teoría es probablemente aproximadamente verdadera (o probablemente verosímil) (Niiniluoto, 1999, pág. 190).

No obstante, incluso esta tesis debilitada (T_2') puede tropezar con contraejemplos. El más claro lo proporciona la astronomía ptolemaica. Los epiciclos de Ptolomeo (*pace* Niiniluoto, 1999, pág. 192) no pueden ser considerados aproximadamente verdaderos porque que no están conectados ni remotamente con los mecanismos reales que producen los movimientos planetarios, y por lo tanto su grado de verosimilitud ha de ser muy bajo. Asimismo, si bien en abstracto no eran indispensables para explicar los datos astronómicos de aquel momento, *de hecho* en la teoría de Ptolomeo, y mientras no hubo una alternativa real, sí lo fueron. Los epiciclos constituyeron la herramienta principal para reproducir los datos observados. Es verdad que «se convirtieron en necesarios sólo debido a la suposición errónea por parte de Ptolomeo de que la Tierra es el centro inmóvil del sistema» (ibíd.). Pero precisamente por esa razón fueron indispensables *para la teoría ptolemaica*. No fueron un supuesto irrelevante para lograr el éxito, como lo fue la negación del movimiento lateral de los continentes en las teorías geológicas anteriores a 1960. Sin ellos la teoría de Ptolomeo habría carecido del éxito que tuvo. Y nadie puede negar que el sistema ptolemaico tuvo éxito explicativo e instrumental (en la medida en que era de enorme utilidad en la navegación), aunque fuera incapaz de predecir fenómenos nuevos. Si todo esto es cierto, la tesis (T_2') no puede ser correcta siempre. El propio Niiniluoto la presenta como falible y capaz de admitir contraejemplos.

La discusión no está cerrada, como lo prueba el hecho de que todavía siguen apareciendo artículos en respuesta a la inducción pesimista de Laudan. Ninguno de los dos bandos puede reclamar una victoria argumental sobre el otro y no parece que ésta vaya a producirse en un futuro próximo. Aquí solo podemos dejar constancia de este hecho y evitar tomar partido por alguna de las posiciones, pese a que las simpatías del que esto escribe están con una de ellas.

Otra crítica importante que ha recibido la explicación realista del éxito de la ciencia y que no podemos dejar de mencionar es la que se refiere a la legitimidad de utilizar una inferencia abductiva como es la inferencia de la mejor explicación para apoyar el realismo. El problema aquí estaría en la circularidad que aparentemente se comete en este uso de la misma. El realista —se dice— no puede lícitamente concluir la verdad del realismo a partir de la tesis de que el realismo es la mejor explicación del éxito instrumental de la ciencia porque entonces da por sentado que la hipótesis que mejor explica unos hechos ha de ser tenida por verdadera, y eso es justamente lo que el antirrealista no acepta. Para el antirrealista, que algo sea la mejor explicación de un hecho no es garantía de su verdad. Él niega que la inferencia de la mejor explicación sea una inferencia legítima cuando se pretende establecer con ella la verdad de ciertos enunciados sobre cosas inobservables. El argumento sólo sería concluyente para aquellos que ya están previamente convencidos del realismo, para aquellos que piensan que una buena explicación es una señal de la verdad en lugar de un informe empíricamente adecuado (cfr. Van Fraassen, 1980, págs. 21 y sigs., Fine, 1986, págs. 114 y sigs., Laudan, 1981b/1996 y Lipton, 1991, págs. 158-168).

En respuesta a esta crítica, Peter Lipton ha comparado la circularidad de la que se acusa a la inferencia de la mejor explicación con la circularidad que desde Hume se atribuye a la justificación inductiva de las inferencias inductivas. Solemos confiar en las inferencias inductivas porque vemos que han tenido éxito en el pasado y de ahí inferimos que seguirán teniendo éxito en el futuro. Pero esta inferencia en la que se sustenta nuestra confianza es ella misma una inferencia inductiva, con lo cual se da por supuesto lo que queremos probar —que la inducción merece nuestra confianza—, y estamos incurriendo en una justificación circular, en una *petitio principii*. Ahora bien, según Lipton, es difícil dar una caracterización unívoca de qué sea la circularidad en un argumento. Él considera que la noción de circularidad es relativa a la audiencia ante la que se exponga el argumento. Lo que para unos es una argumentación circular para otros puede no serlo. Así, para alguien que mantenga una actitud escéptica ante la inducción, su justificación inductiva será una mera falacia; en cambio, para los que previamente están dispuestos a confiar en la inducción, su justificación mediante una inferencia de tipo inductivo no es falaz, puesto que «nada hay de ilegítimo en dar argumentos para creencias que uno ya mantiene» (Lipton, 1991, pág. 164). La justificación inductiva de la inducción no convencerá al escéptico, pero eso no significa, según Lipton, que carezca de valor para los que aprueban la inducción. Lo mismo le sucedería a la inferencia de la mejor explicación; es circular para el antirrealista, pero no para el realista, quien la puede usar legítimamente en defensa de su posición.

En términos parecidos Stathis Psillos (1999, págs. 81 y sigs.) ha efectuado también una defensa del argumento realista. Psillos comienza por distinguir entre argumentos circulares debido a una circularidad en las premisas y argumentos circulares debido a una circularidad en la regla. En el primer caso, la conclusión del argumento está presupuesta en las premisas; en el segundo caso, el argumento emplea una regla de inferencia que es vindicada en la conclusión. Según Psillos, la circularidad del argumento realista no es una circularidad del primer tipo. El argumento pretende establecer la verdad del realismo, es decir, la verdad de la tesis de que nuestras mejores teorías científicas son aproximadamente verdaderas. Pero, en contra de lo que sostiene Van Fraassen, nada hay en las premisas que presuponga esto. Las premisas son: (I) las teorías científicas en las ciencias maduras tienen éxito, y (II) la mejor explicación de este éxito es que dichas teorías son aproximadamente verdaderas. La segunda premisa no afirma lo mismo que la conclusión; afirma sólo que lo que dice la conclusión serviría como mejor explicación del éxito, de ahí que ésta deba aceptarse. Psillos cree, en cambio, que el argumento adolece de una circularidad en la regla: él mismo es un caso de la regla que pretende establecerse en la conclusión. Sin embargo, para mostrar que esta circularidad no es viciosa, también lo compara con los clásicos argumentos inductivos en defensa de la fiabilidad de la inducción, o con la defensa de reglas deductivas, como el *modus ponens*, usando esas mismas reglas. No es una circularidad viciosa porque la fiabilidad de la regla no es presupuesta por su uso en el argumento. Desde un punto de vista externalista en epistemología,

como el defendido por Alvin Goldman, lo que importa para aceptar la conclusión como correcta es que la regla de inferencia usada sea fiable, pero esto es independiente de que se presuponga o no su fiabilidad, es una característica que la regla posee en sí misma y que nada tiene que ver con nuestras creencias previas sobre ella. Desde esta perspectiva externalista la cuestión de la circularidad queda minimizada:

Un argumento circular en la regla no sería más vicioso que cualquier otra aplicación de primer orden de la regla implicada en él. Puesto que la aplicación de primer orden no es viciosa, tampoco lo es la aplicación de segundo orden implicada en el argumento circular en la regla. Lo que resulta especial en el argumento circular en la regla es lo que la conclusión dice. Ésta afirma que la regla de inferencia es fiable. Pero la corrección de esta conclusión depende de que la regla sea fiable, no de que tengamos razones para creer que la regla es fiable (Psillos, 1999, pág. 84).

Es cierto que un internalista epistemológico, que considera que para aceptar la conclusión de un argumento no basta con que la regla de inferencia usada sea fiable, sino que necesitamos además tener buenas razones para creer que es fiable, pensará que antes de dar por bueno el argumento realista se nos debería mostrar de forma independiente que la regla es realmente fiable. Como esto no se ha hecho, el internalista verá el argumento del realista como un círculo vicioso, ya que la justificación que se nos da para creer en la fiabilidad de la regla viene dada por un argumento que emplea la misma regla. Sin embargo, esta perspectiva internalista no es obligatoria. El que el argumento realista sea considerado como vicioso dependerá de si se adopta un punto de vista externalista o internalista y el realista adopta el primero. Psillos viene a desembocar de esta forma en la misma conclusión a la que llega Lipton.

Pero el realista no puede descansar aún. Van Fraassen ha presentado más objeciones contra el argumento que concluye la verdad del realismo a partir de su explicación del éxito de la ciencia. Nos centraremos sólo en la más destacable. Existe una gran diversidad de explicaciones posibles —arguye Van Fraassen—, todas empíricamente equivalentes, que pueden darse de cualquier fenómeno. Para poder afirmar que la mejor de las explicaciones que hemos sido capaces de forjar es (aproximadamente) verdadera, deberíamos tener alguna garantía de que entre estas explicaciones de las que disponemos hay realmente alguna que es (aproximadamente) verdadera. Dicho de otro modo, deberíamos tener alguna garantía de que no estamos ante la mejor explicación dentro de un *mal lote* de explicaciones. En caso contrario, no habría razón para concluir su verdad (aproximada). Esto significa que no sólo el argumento realista es falaz, sino que cualquier uso de la inferencia de la mejor explicación es falaz a no ser que admitamos un implausible 'Principio de Privilegio' que dicte que «la naturaleza nos predispone para dar con el rango correcto de hipótesis» (Van Fraassen, 1989, pág. 143, cfr. Ladyman, Douven, Hornstein y Van Fraassen, 1997). La explicación del éxito de la ciencia por parte del realista muy bien pudiera ser un caso similar al del éter electromagnético en el siglo XIX, el cual fue conside-

rado por muchos físicos como la mejor explicación de la transmisión de las ondas electromagnéticas y, sin embargo, después se descartó su existencia.

Como vemos, el argumento de Van Fraassen se basa en que la *mera posibilidad* de que la explicación sea la mejor de un mal lote es suficiente para invalidar la inferencia de la mejor explicación, porque para creer en la explicación seleccionada como la mejor habría que añadir la creencia previa en que la verdad se encuentra en el lote de explicaciones del que se parte. Ahora bien, el realista podría argüir que, como máximo, eso llevaría a no aceptar *como verdadera* una explicación que es mejor que sus rivales mientras no se sepa que una de ellas tiene que ser la verdadera. Esto es, a no aceptar la inferencia de la mejor explicación como un procedimiento *justificativo* de la verdad de una hipótesis. Pero el argumento de Van Fraassen no muestra que sea siempre desaconsejable aceptar a modo de *hipótesis plausible* la mejor explicación de un lote de explicaciones del cual se desconoce si alguna de ellas es verdadera. Para desaconsejar esto el antirrealista debería hacer algo más que remitirse a una mera posibilidad de error. Debería mostrar que lo más probable es que la verdad esté fuera del lote de hipótesis del que disponemos.

Es evidente que el realista no tiene en su mano el ofrecer una garantía total de que lo que una vez ha sido estimado como una buena explicación no será considerado falso en un futuro. Sin embargo, aun así, desde el punto de vista realista, en ocasiones hay razones para apostar tentativamente por explicaciones que son mejores que sus rivales, precisamente porque en esas ocasiones hay razones para suponer que entre las explicaciones que hemos podido forjar sobre ciertos fenómenos se encuentra alguna que es aproximadamente verdadera. De nuevo han sido Psillos y Lipton los que han intentado articular con algún detalle esta respuesta (cfr. Irazzo, 2001). En su opinión, Van Fraassen se equivoca al creer que a menos que aceptemos una especie de 'Principio de Privilegio' no tendremos jamás ninguna garantía de no estar ante un mal lote de hipótesis. En cierta forma esa garantía o privilegio nos viene dado por el conocimiento de fondo que ya tenemos en la ciencia y que guía la selección previa de estas hipótesis, estrechando el elenco de candidatas a considerar o aportando «consideraciones explicativas» que ayudan en la selección. Es ese conocimiento de fondo del que previamente disponemos el que nos permite afirmar que, en muchos casos, no estamos ante un mal lote de hipótesis explicativas. Y si esto es así, nada obliga *a priori* a considerar que la explicación realista del éxito no sea aceptable (cfr. Psillos, 1996b y Lipton, 1996).

4. LA INFRADETERMINACIÓN DE LAS TEORÍAS

Además de la tesis de la incommensurabilidad y de la meta-inducción pesimista el tercer gran reto para el realismo es, como dijimos, la tesis de la infradeterminación de las teorías por la evidencia empírica.

La tesis de la infradeterminación ha recibido diversas formulaciones, pero la idea es la misma, a saber: nunca hay razones para mantener que una determi-

nada teoría es verdadera, ya que por mucho que la evidencia empírica encaje con ella, siempre cabe construir otra teoría incompatible con la teoría en cuestión pero igualmente coincidente con la evidencia empírica. La misma evidencia empírica servirá para apoyar teorías muy diferentes. Por consiguiente, la elección de teorías no obedece a los dictados de la evidencia empírica. Ésta no basta para decidir entre ellas y son otros elementos de juicio los que tienen la última palabra en dicha elección.

Es fácil ver como afecta esta tesis a la posición del realista. Se dice que dos teorías son empíricamente equivalentes si se pueden obtener de ellas las mismas consecuencias sobre fenómenos observables. Es imaginable que dos teorías así hagan afirmaciones muy diferentes, y hasta contradictorias, sobre entidades inobservables. Si existen, por tanto, teorías empíricamente equivalentes, la explicación realista del éxito no puede ser entonces correcta, ya que dos teorías incompatibles y equivalentes empíricamente no pueden ser ambas verdaderas y, sin embargo, tienen el mismo éxito empírico las dos, con lo que la verdad no puede ser la explicación de su éxito.

Una variante de la tesis de la infradeterminación está representada por la tesis Duhem-Quine. En 1906 Pierre Duhem defendió que las hipótesis nunca se someten aisladas al control experimental, sino que se contrastan en conjunción con otras hipótesis auxiliares, de modo que si se produce un desacuerdo entre la experiencia y las predicciones que se obtienen de ese conjunto de hipótesis, cabe atribuir la responsabilidad del desacuerdo a cualquiera de ellas, y la experiencia no dice cuál debe ser la decisión al respecto (cfr. Duhem, 1989, pág. 284). Quine retomó este holismo metodológico en su artículo de 1951 «Los dos dogmas del empirismo», recogido poco después en su libro *Desde un punto de vista lógico*. Allí afirma que «nuestros enunciados acerca del mundo externo se someten como cuerpo total al tribunal de la experiencia sensible, y no individualmente» (Quine, 1984, pág. 75). En la medida en que la experiencia nunca determina qué hipótesis debe mantenerse y qué hipótesis debe desecharse en caso de conflicto, una de las consecuencias que Quine extrae de este holismo es que «todo enunciado puede concebirse como verdadero en cualquier caso siempre que hagamos reajustes suficientemente drásticos en otras zonas del sistema» (pág. 77). O lo que es igual, cualquier evidencia refutadora puede acomodarse con una teoría dada si efectuamos cambios oportunos en otras hipótesis acompañantes. Si mantenemos un enunciado como verdadero no será debido a la experiencia (o al menos no sólo debido a ella), sino a otros factores pragmáticos que determinarán la decisión. Por ejemplo, los científicos estarán más dispuestos en la práctica a cambiar una hipótesis menor que una hipótesis que desempeñe un papel central en alguna disciplina, o a cambiar una hipótesis empírica antes que una ley lógica. De aquí puede obtenerse la tesis de la infradeterminación tal como la hemos presentado. Supongamos una evidencia empírica que apoya a una teoría T (junto con el conjunto H de hipótesis auxiliares) y refuta a la teoría T' (con el correspondiente conjunto H' de hipótesis auxiliares). Según la tesis Duhem-Quine, puede encontrarse un conjunto H'' de hipótesis tales que su conjunción con T' encaje con la evidencia empírica de que se trate. Como esto

puede hacerse con cualquier evidencia empírica, la conjunción de T y H puede convertirse en empíricamente equivalente de T' junto con algún conjunto dado de hipótesis auxiliares. La misma evidencia empírica podría hacerse así compatible con un número indeterminado de teorías rivales. Elizabeth Anderson lo expone con claridad:

Todo cuerpo de observaciones cuenta como evidencia para una hipótesis particular sólo en conjunción con ciertas suposiciones de fondo. Varía las suposiciones de fondo y las mismas observaciones apoyarán una hipótesis completamente diferente. Por ejemplo, el fracaso en la observación del paralaje estelar en el siglo xvii era tomado por los geocentristas como una evidencia de que la Tierra permanece en reposo, y por los heliocentristas como una evidencia de que las estrellas estaban muy lejos (Anderson, 2003, pág. 21).

La tesis de la infradeterminación se basa en dos premisas (cfr. Psillos, 2000), y las dos han sido cuestionadas por los realistas:

- (I) Para cualquier teoría T existe al menos otra teoría T' que es empíricamente equivalente a T.
- (II) Si dos teorías son empíricamente equivalentes, entonces son también epistémicamente equivalentes (es decir, la evidencia las confirma o apoya en la misma medida).

La premisa (I) suele ser ilustrada con algunos ejemplos reales de teorías incompatibles y empíricamente equivalentes: la mecánica de Bohm y la mecánica cuántica ortodoxa, la teoría de Ptolomeo y la de Copérnico durante las primeras décadas en que ésta fue propuesta, la teoría ondulatoria y corpuscular de la luz antes del siglo xix, la teoría atómica de Dalton y la teoría de los pesos equivalentes durante buena parte del siglo xix, la teoría especial de la relatividad de Einstein y la mecánica de Lorentz. Se han propuesto también algunos algoritmos que generarían teorías empíricamente equivalentes, aunque artificiales, para cualquier teoría dada. Por ejemplo, si tenemos una teoría T basta con considerar la teoría T' que sostendría que todos los fenómenos observables son como dice T, aun cuando en realidad T es falsa en lo que respecta a las entidades inobservables. Una variante inspirada en un ejemplo de Putnam podría ser: «Aunque no podremos saberlo jamás, en realidad somos cerebros en una cubeta conectados a un superordenador que simula para nosotros el mundo tal como lo vemos.» Otra sería: «En realidad el mundo comenzó hace cinco minutos, pero todo es como si hubiera comenzado hace miles de millones de años.» Estos algoritmos son importantes para poder atacar al realismo, ya que un realista moderado no sostiene que deba creerse en la verdad de toda teoría aceptada en la ciencia madura y, por tanto, no excluye que pueda darse algún caso circunstancial de equivalencia empírica. Para poder derrotar a este tipo de realista, debe mostrarse que para toda teoría posible existe otra empíricamente equivalente. Y esto es lo que los algoritmos pretenden conseguir.

La premisa (II) establece que la única forma en que una teoría puede ser apoyada o desmentida por la evidencia es a través de sus consecuencias observacionales.

Dependiendo de cómo se entienda la equivalencia empírica de la que habla el argumento, caben dos versiones del mismo, una débil y otra fuerte. La versión débil interpreta la equivalencia empírica de dos teorías en el sentido de que ambas encajan con la evidencia *disponible hasta el momento*. La versión fuerte, en cambio, postula que ambas encajarán igualmente con *toda evidencia posible*, es decir, que ambas afirman lo mismo sobre todos los hechos observables, tanto los que han sido observados hasta el momento como los que podrán observarse en el futuro. La versión débil no es una amenaza para el realismo: el realista puede sostener que un experimento futuro podrá decidir entre ellas. Las diferentes entidades inobservables postuladas por cada teoría pueden conducir a diferentes predicciones aún no formuladas. Mientras tanto, a lo sumo, habría que suspender el juicio acerca de su verdad. En la mayoría de los ejemplos de teorías reales que suelen citarse como empíricamente equivalentes el realista tiende a ver precisamente casos de infradeterminación débil, en los que con el tiempo la evidencia empírica permitió casi siempre elegir, y se supone que en los que aún no lo ha hecho, lo podrá hacer.

Por ello, las respuestas del realista al problema de la infradeterminación van dirigidas más bien contra la versión fuerte. Algunos realistas comienzan por negar la mayor y consideran que no se ha mostrado de forma convincente que haya teorías empíricamente equivalentes en sentido fuerte. Creen que el problema se reduce a una curiosidad lógica sin incidencia real en la ciencia. El que se hayan dado casos de indeterminación débil no permite inferir, en su opinión, que siempre puede construirse una teoría *no trivial* empíricamente equivalente a otra dada (cfr. Ellis, 1985, pág. 65). Los ejemplos de equivalencia fuerte o bien son seudoteorías ficticias, que están contruidos artificialmente sobre teorías ya existentes (cerebros en una cubeta, el mundo comenzó hace cinco minutos, etc.), y son completamente parasitarias de dichas teorías previas en sus explicaciones de los fenómenos, o bien se refieren a meras variaciones notacionales de la misma teoría, como fue el caso de la mecánica ondulatoria de Schrödinger y la mecánica de matrices de Heisenberg. Por otra parte, estos ejemplos provienen casi exclusivamente de la física, lo cual puede deberse a alguna peculiaridad en dicha ciencia. No parece, en cambio, muy factible encontrar una teoría no trivial empíricamente equivalente a la teoría sintética de la evolución (cfr. Kyle Stanford, 2001).

Van Fraassen (1980, pág. 46) ha ofrecido un ejemplo que, aunque ficticio, podría ser estimado como una teoría genuina: supongamos la mecánica newtoniana y que dentro de ella afirmamos que el centro de gravedad del Sistema Solar está en reposo con respecto al espacio absoluto o, por el contrario, afirmamos que se mueve a una velocidad constante v . Según Van Fraassen, ambas afirmaciones serían equivalentes en sentido fuerte. Pero el realista también tiene argumentos para rechazar este ejemplo. En cuanto tomásemos un cuerpo exterior al Sistema Solar, como una estrella fija, ambas teorías dejarían de ser

empíricamente equivalentes. Ambas afirmaciones comparten además la misma ontología sobre el universo, lo cual haría de su posible infradeterminación un resultado muy poco interesante (cfr. Musgrave, 1985, págs. 200-202 y Earman, 1993b). Consideraciones similares llevan a un realista como Newton-Smith a escribir: «La única conclusión razonable que podemos sacar es que la IFT [infradeterminación fuerte de las teorías] es en el mejor de los casos una conjetura altamente especulativa y no sustanciada» (Newton-Smith, 2000, pág. 535).

Otra línea de argumentación, quizá más efectiva, es la emprendida por Laudan y Leplin (pese al antirrealismo del primero). Según se acepta comúnmente, las consecuencias observacionales de una teoría sólo se pueden obtener en conjunción con hipótesis auxiliares. Sobre esta base Laudan y Leplin han argumentado que no se puede garantizar la existencia de teorías empíricamente equivalentes en sentido fuerte. Las hipótesis auxiliares usadas para obtener consecuencias observacionales es de esperar que cambien con el tiempo, y al cambiar pueden llevar a predicciones distintas que rompan una previa equivalencia empírica entre dos teorías dadas (cfr. Laudan y Leplin, 1991, págs. 451-451). Posteriormente Leplin ha añadido un nuevo argumento. Si la tesis de la infradeterminación es correcta, también las hipótesis auxiliares usadas para obtener consecuencias empíricas de una teoría estarían infradeterminadas. No podríamos establecer entonces con seguridad cuáles son esas consecuencias empíricas, con lo cual no podríamos tampoco establecer que dos teorías son empíricamente equivalentes. Pero en tal caso, la tesis de la equivalencia empírica no vale como premisa para derivar la tesis de la infradeterminación, ya que ésta la convierte en inoperante (cfr. Leplin, 1997b).

Una respuesta antirrealista a estas críticas ha consistido en reconocer que son pertinentes en lo que se refiere a su aplicación a teorías particulares, que necesitan de premisas auxiliares para derivar sus predicciones, pero se vuelven inaplicables cuando la infradeterminación se da en «teorías totales» o «sistemas del mundo», esto es, cuando se da entre dos conjuntos globales de hipótesis, cada uno de los cuales incluye todas las hipótesis auxiliares que puedan proponerse y pretende explicar todas las observaciones que puedan realizarse y no sólo las realizadas en un dominio concreto de fenómenos (cfr. Hoefer y Rosenberg, 1994 y para una réplica Leplin, 1997b).

Laudan y Leplin sostienen, por otra parte, que aun cuando se admitiera la posibilidad de teorías no triviales empíricamente equivalentes en sentido fuerte, de ahí no se seguiría la tesis de la infradeterminación. Según ambos autores, la inferencia que va de la equivalencia empírica a la infradeterminación se basa en un supuesto discutible: que si dos teorías tienen las mismas consecuencias empíricas, entonces están igualmente apoyadas por dicha evidencia; cualquier evidencia en favor o en contra de una será igualmente una evidencia en favor o en contra de la otra. Pero esto es erróneo. La evidencia empírica que sirve para apoyar una teoría no es siempre coincidente con las consecuencias empíricas que pueden obtenerse a partir de la misma. Por un lado, una teoría puede recibir apoyo empírico de resultados que no se derivan de ella. Por otro, algunas consecuencias empíricas verdaderas de una teoría pueden no ser un apoyo empírico para ella.

Un ejemplo de lo primero lo tenemos en el apoyo que el movimiento browniano prestó a la hipótesis de la existencia de los átomos, aunque de esta hipótesis no se pudiera inferir como consecuencia inmediata la existencia de dicho movimiento. Generalizando, una hipótesis H puede recibir apoyo por parte de cierta evidencia empírica que no se sigue de ella si H es consecuencia de una teoría más general T , la cual implica a la hipótesis H' , y se obtiene una evidencia empírica e que es consecuencia de H' . En este caso, aunque e no se siga de H , puede decirse que e apoya indirectamente a H . Y de paso puede decirse que e no apoyaría a ninguna otra hipótesis empíricamente equivalente a H que no fuera también consecuencia de T .

En cuanto a lo segundo, a la falta de apoyo por parte de las consecuencias empíricas de una teoría, basta considerar el caso en que la teoría ha sido elaborada o modificada *ad hoc* precisamente para encajar con la evidencia empírica disponible. Aunque esta evidencia se pueda derivar de dicha teoría, no podríamos considerar que le presta el mismo apoyo que a otra teoría desde la cual puede derivarse también esa misma evidencia pero se hace a partir de principios no formulados expresamente para obtenerla. Otro caso similar se presenta cuando lo que para una teoría es una predicción novedosa, para la otra es un presupuesto utilizado en su formulación. Para la primera, la constatación empírica de que la predicción se cumple contaría como un gran apoyo, mientras que no lo haría para la segunda. Supongamos, por ejemplo, que se elabora artificialmente una teoría T' para encajar todas las consecuencias empíricas de una teoría T que ha realizado predicciones novedosas y precisas. Estas predicciones de fenómenos novedosos, es decir, de fenómenos que no fueron contemplados en la formulación de la teoría T , y que incluso podrían haber sido completamente desconocidos e inesperados antes de que T los señalara, proporcionan un fuerte apoyo a dicha teoría —y, recordemos, es una de las razones que se suelen aducir para defender una interpretación realista de T . Es el caso de la predicción de la teoría general de la relatividad de la curvatura gravitacional de la luz, cuya confirmación por Eddington en 1919 fue decisiva para la aceptación generalizada de dicha teoría por parte de la comunidad científica. En cambio, resulta evidente que una predicción de este tipo no cuenta como una predicción novedosa para una teoría T' que se formulara explícitamente para encajarla junto con las demás consecuencias empíricas de T . De modo que, aunque T y T' sean empíricamente equivalentes, la predicción que cuenta como novedosa para T , pero no para T' , apoya a T mucho más que a T' . (Para una crítica de estos argumentos y de los anteriores, véase Kukla, 1998, caps. 5 y 6.)

Otros realistas han intentado un camino diferente para responder a la tesis de la infradeterminación. Dos teorías empíricamente equivalentes no tendrían por qué ser iguales en sus virtudes explicativas o 'virtudes supraempíricas', como son la simplicidad, la fecundidad, el carácter no-*ad hoc*, la coherencia con otras teorías aceptadas, la predicción de hechos novedosos, la parsimonia (economía de recursos), etc. Estas virtudes determinan la capacidad explicativa de una teoría y, según estos realistas, pueden contar también como criterio eviden-

cial en su favor. Según esto, el estatus epistémico de las teorías no viene dado sólo por sus virtudes empíricas, es decir, por su capacidad para encajar con la evidencia disponible. Las virtudes supraempíricas tienen también un valor epistémico y pueden usarse para estimar la verdad de una teoría. No serían reductibles a meras virtudes pragmáticas sin relación con la verdad, como sostiene Van Fraassen (cfr. Churchland, 1985 y Clendinnen, 1989). El problema que se plantea aquí al realista es mostrar que esas virtudes supraempíricas tienen realmente un valor epistémico y no sólo pragmático. Debe mostrar que nos dan razones para creer en la verdad de una teoría en lugar de darnos meramente razones para, en un contexto dado, aceptar o usar con fines prácticos dicha teoría, en función de ciertos intereses concretos y variables, y con independencia de su verdad (cfr. Van Fraassen, 1980, págs. 87 y sigs.). Una posible vía para hacerlo sería encontrar casos en el pasado en los que esas virtudes han estado asociadas de hecho a teorías bien confirmadas. Otra sería argumentar que los científicos en su práctica habitual interpretan esas virtudes supraempíricas como auténticas virtudes epistémicas. Ambas vías han sido ensayadas por los realistas.

CAPÍTULO 8

Los estudios sobre ciencia, tecnología y sociedad

1. LA TECNOCIENCIA COMO FENÓMENO SOCIAL Y LOS ORÍGENES DE LOS ESTUDIOS CTS

Es evidente que la ciencia ha experimentado en su funcionamiento profundas transformaciones en el último siglo. Transformaciones que la han convertido en una fuerza social, económica y política de primera magnitud. Ya no es concebible el investigador aislado que realiza grandes descubrimientos en un laboratorio casero; o el científico que puede despreocuparse de los recursos para su trabajo y de los posibles beneficios económicos producidos por el mismo; o la desaparición en algunas ramas de la ciencia de la investigación realizada por encargo para la industria y el ejército.

Uno de los primeros autores en señalar el impacto que estos cambios han tenido en el modo de practicar la investigación científica, así como en la imagen pública de la ciencia, fue el historiador de la ciencia Derek J. de Solla Price. Su obra *Little Science, Big Science*, publicada en 1963, es hoy un clásico. Las tesis de Price han sido posteriormente desarrolladas y actualizadas por el sociólogo John Ziman en su libro *Prometheus Bound*. Ambas obras intentan mostrar cómo muchas de las características que se suelen atribuir hoy a la ciencia —tales como la mercantilización de los conocimientos, la búsqueda de rentabilidad inmediata en las aplicaciones, la inmersión en el debate público y en la cultura de masas, la interdisciplinariedad y la interconexión, la desaparición de los límites entre la investigación pura y la aplicada, el secretismo, o la proliferación de la ciencia patológica y la ciencia basura— son en buena medida consecuencias de una reestructuración general producida por un incremento acelerado del número de investigadores y de la producción científico-técnica acompaña-

do de una limitación sustancial de los recursos necesarios para desarrollar la investigación.

Price puso el énfasis en la aparición de un tipo de ciencia (la megaciencia o «*Big Science*») basada en una tecnología compleja, grandes equipos de investigación y fuertes inversiones públicas o privadas. En una línea semejante, autores como Bruno Latour y Gilbert Hottois, han presentado como el rasgo más característico de la nueva situación la desaparición de las viejas fronteras entre ciencia y tecnología. En lugar de hablar de ciencia y tecnología por separado prefieren, por ello, hablar de *tecnociencia*¹.

El concepto de tecnociencia ha sido empleado con demasiada profusión desde que fue propuesto, lo cual ha provocado cierta vaguedad en su contenido. Para mayor claridad nos atendremos a la caracterización que ofrece Javier Echeverría en su documentada obra *La revolución tecnocientífica*. Según su opinión, los rasgos principales que presenta la tecnociencia son: (a) financiación mayoritariamente privada de la investigación, (b) mediación mutua o hibridación entre ciencia y tecnología, (c) vinculación empresarial de la investigación y rentabilización económica de los resultados, (d) formación de redes de investigación coordinadas a través de las tecnologías informáticas, (e) militarización parcial de la investigación, lo que la convierte en importante desde el punto de vista estratégico, (f) dependencia para su desarrollo de políticas de ciencia y tecnología, (g) pluralidad de agentes intervinientes (científicos, ingenieros, técnicos, gestores, asesores, expertos en *marketing* y organización del trabajo, juristas, aliados políticos y militares, entidades financieras, etc.) (cfr. Echeverría, 2003, págs. 62-83). Como ejemplos de tecnociencia Echeverría cita, entre otros, el Proyecto Manhattan, la invención de las primeras computadoras electrónicas (el ENIAC y el EDVAC), la construcción del telescopio espacial Hubble, la física de partículas, la ingeniería genética y el proyecto Genoma Humano.

Echeverría considera la *Big Science* como una modalidad inicial de la tecnociencia que habría tenido su momento de despliegue entre 1940 y 1965. La tecnociencia propiamente dicha habría surgido en los EEUU en torno a 1980, y entre ambas se habría dado un período de estancamiento en el que la inversión pública en ciencia y tecnología descendió notablemente. A diferencia de la *Big Science*, la tecnociencia actual no necesita tener un gran tamaño en sus proyectos o recursos. En cambio, es mayor en ella la participación del capital privado en la financiación y el uso de tecnologías de la información y la comunicación. La tecnociencia es ante todo infociencia o ciencia informatizada. Asimismo, es mayor la preocupación por rentabilizar económicamente los resultados de la investigación, asumiendo valores empresariales en su producción y gestión.

¹ Además del antecedente que representa el término 'Big Science' utilizado por D. J. de Solla Price en *Little Science, Big Science* (1963), el origen del término 'tecnociencia' puede rastrearse en las siguientes obras: Jean Jacques Salomon, *Science and politics* (Londres, Macmillan, 1973; edición francesa de 1970), Bruno Latour, *Science in Action* (1987) y Gilbert Hottois, *Le paradigme bioéthique* (1990).

Keith Pavitt ha argumentado, de forma plausible en mi opinión, que en realidad, la posibilidad de distinguir a efectos prácticos entre ciencia y tecnología depende del ámbito de investigación en el que nos movamos, siendo los vínculos especialmente fuertes en la biología molecular, la bioquímica y la física del estado sólido. Al menos en este tipo de sectores el supuesto de que la ciencia y la tecnología están indisolublemente unidas puede ser correcto (cfr. Pavitt, 1997). Coincido con Pavitt (y con Echeverría) en que, aunque una parte sustancial de la investigación actual es tecnocientífica, las fronteras entre ciencia y tecnología no deben ser borradas por completo en los análisis sobre la ciencia contemporánea, ya que se mantienen todavía en bastantes ámbitos.

En buena medida, los *estudios sociales sobre la ciencia* deben su florecimiento actual en el mundo académico a las inquietudes que ha despertado en amplios sectores de la población este crecimiento exponencial de la investigación científica unida a un desarrollo tecnológico que se percibe en muchas ocasiones como descontrolado y peligroso. Como suele decirse, la ciencia se ha convertido en algo demasiado importante como para dejarla sólo en manos de los científicos. La sociedad —y en principio de forma especial los gobiernos de los países más desarrollados— ha comenzado a demandar un conocimiento más profundo de esa fuerza social en la que hoy, para bien y para mal, se ha convertido la ciencia y que afecta a la vida cotidiana de millones de personas.

Un primer estímulo para la reflexión sobre las consecuencias sociales de la ciencia y sobre la necesidad de un control ético de la investigación vino dado por papel decisivo que jugó la ciencia durante la Segunda Guerra Mundial, puesto de manifiesto en la aplicación de técnicas científicas en el exterminio de los judíos, en el uso de científicos como consejeros militares y en la construcción de la primera bomba atómica². A partir de ese momento, la ciencia dejó de ser para los filósofos sólo un problema epistemológico y se convirtió también en un problema axiológico y, desde luego, en un asunto de interés social. Sobre todo ello el sociólogo Robert K. Merton escribía en 1952:

Sucesos recientes han llamado la atención hacia las implicaciones sociales de la ciencia, no sólo de los científicos, sino de un público más amplio. La explosión de Hiroshima y otras explosiones atómicas experimentales han tenido la incidental consecuencia de despertar la aletargada preocupación pública por la ciencia. Muchas personas que simplemente daban por supuesta la ciencia, excepto para asombrarse ocasionalmente por sus maravillas, se han alarmado y espantado por esas demostraciones de destructividad humana. La ciencia se ha convertido en un «problema social», como la guerra, la perenne declinación de la familia o la aparición periódica de depresiones económicas.

Ahora bien, [...] cuando algo es ampliamente definido como un problema social en la moderna sociedad occidental, se convierte en un objeto apro-

² Con todo, también durante la Primera Guerra Mundial jugó la ciencia un papel destacado. Se ha dicho que la Primera Guerra Mundial fue la guerra de los químicos y la Segunda Guerra Mundial la de los físicos. Sobre la importancia de la ciencia en las dos guerras mundiales puede consultarse Sánchez Ron, 1992.

piado de estudio, particularmente en la sociología norteamericana, y se desarrollan nuevas ramas especiales en respuesta a nuevos conjuntos de problemas (Merton, 1952-1977, págs. 297-298).

Kuhn participó en la Segunda Guerra Mundial y vivió de cerca estos problemas en su formación académica. Su mentor en la Universidad de Harvard, el Rector James B. Conant, fue uno de los directivos de la *Office of Scientific Research and Development*, creada en 1941 por el presidente Roosevelt, en previsión de la Guerra Fría, con el fin de movilizar recursos y personal científico para la defensa de la nación; y Kuhn perteneció también a esta institución. Conant, que se mostró a favor de la construcción y el uso de la bomba atómica, siguió siendo en los años siguientes consejero del gobierno norteamericano en asuntos relacionados con la energía nuclear y el uso de armas atómicas (cfr. Parado, 2001).

Kuhn no trató nunca explícitamente estos asuntos, pero *La estructura de las revoluciones científicas* —dedicada por cierto a Conant— supuso una asunción clara de que los factores sociales eran imprescindibles para entender tanto el poder adquirido por la ciencia como el progreso en los conocimientos científicos. De ahí su enorme e inmediata influencia en la sociología de la ciencia. Según explicamos en el Capítulo 5, el conocimiento científico era mostrado en ella no como el resultado de un método orientado al logro de la verdad objetiva, sino como el producto de un grupo social especialmente entrenado para resolver problemas concretos y, por tanto, como algo abierto a un estudio sociológico.

Sin embargo, pese a las interpretaciones que los sociólogos han dado a su obra, Kuhn no admitió nunca que la ciencia pudiera reducirse a causas sociales externas. De hecho, como historiador, él fue siempre un internalista. Su preocupación estuvo más bien en el análisis del contexto intelectual de la ciencia, muy en la línea de los trabajos de Alexander Koyré. No obstante, sus reflexiones como filósofo desbordaron este marco y señalaron un camino que, como vamos a ver, otros estaban dispuestos a recorrer en su integridad.

En 1967 la *Science Studies Unit* de la Universidad de Edimburgo ya impartía docencia sobre temas relacionados con los estudios sociales sobre la ciencia. No obstante, los primeros programas académicos STS (*Science, Technology and Society* o también *Science and Technology Studies*) se implantaron en los Estados Unidos. En 1969 se crearon los de la Universidad de Pensilvania y la Universidad de Cornell. Estos programas significaron la institucionalización académica del cambio que se estaba operando en la imagen pública de la ciencia y de la preocupación por las consecuencias negativas del progreso científico y técnico. Es algo más que una casualidad que estos primeros programas coincidieran en su implantación con los años —mediados de los 60 y principios de los 70— en que comienzan a extenderse por los Estados Unidos y por algunos países europeos diversos movimientos políticos y sociales de marcado carácter antimilitarista, ecologista y multiculturalista. Estos movimientos eran

muy críticos con la función política legitimadora que estaba asumiendo la ciencia y con el modo en que se educaba a los científicos; un modo que disminuía su capacidad para asumir sus responsabilidades ante la sociedad (cfr. Edge, 1995 y González y cols., 1996).

Desde el primer momento, los estudios STS (o CTS en su abreviatura en español) se configuraron como un campo multidisciplinar con el objetivo primario de proporcionar una «alfabetización en ciencia y tecnología» a los que carecieran de ella, así como con el de poner al alcance de los científicos una visión humanista de su trabajo y de los efectos sociales, políticos y medioambientales del mismo. En ocasiones, sobre todo en Norteamérica, adoptaron las formas de un auténtico movimiento social. Perseguían fundamentalmente preparar al público para participar en las decisiones que se han de tomar en la sociedad actual y que exigen ciertos conocimientos de lo que es la ciencia y de cómo funciona. Pero intentaban también contrarrestar la imagen que de la ciencia y la tecnología difundieron el positivismo, el neopositivismo y el racionalismo crítico. Una característica común repetida desde entonces en los programas CTS es su compromiso con un enfoque alternativo y opuesto en muchos aspectos a la visión tradicional de la ciencia.

Las distintas disciplinas que han confluído en este campo multidisciplinar tienen una historia anterior, en algunos casos muy larga. Ninguna de ellas se puede reducir, por tanto, a la orientación que más haya contribuido a la formación de los estudios CTS dentro de cada una, si bien alguna, como la filosofía de la tecnología ha recibido de estos estudios un impulso importantísimo. Fundamentalmente se trata de los siguientes temas u orientaciones dentro de las siguientes disciplinas:

- *Sociología de la ciencia*: La Nueva Sociología de la Ciencia (Programa Fuerte, etnometodología de la ciencia, constructivismo social).
- *Filosofía de la tecnología*: Filosofía social de la tecnología, estudio de impactos del desarrollo tecnológico, tecnología y valores, determinismo tecnológico.
- *Filosofía de la ciencia*: Estudio sobre valores epistémicos y no epistémicos en la ciencia, filosofía de la actividad científica, ciencia y género, ciencia y cultura, epistemología naturalizada, realismo científico, ciencia y posmodernismo, análisis sobre los límites de la ciencia.
- *Historia social de la ciencia y de la tecnología*: Historia externa, estudios de casos sobre la construcción social de la ciencia y la tecnología.
- *Bioética y ética medioambiental*: Problemas éticos planteados por el desarrollo de las biotecnologías, la responsabilidad del hombre ante la naturaleza y ante las generaciones futuras.
- *Ciencias políticas y económicas*: Política científica y tecnológica, evaluación de tecnologías, transferencias de tecnología, control público y gestión de la ciencia y la tecnología, desarrollo científico y desarrollo económico, tecnología y democracia, tecnología y trabajo.

Como puede apreciarse por esta enumeración, que sólo pretende ser orientativa, los intereses reales de los estudios CTS son muy amplios y van más allá

del propósito inicial de contribuir a la alfabetización científica de ciertos sectores de población. Por otra parte, esta confluencia de disciplinas no es siempre armoniosa. Algunas orientaciones se manifiestan como incompatibles con otras. Así, desde la Nueva Sociología de la Ciencia se ha declarado en ocasiones inútil cualquier enfoque filosófico o incluso cognitivo de la ciencia.

Veamos a continuación dos de los campos de estudio más significativos y productivos dentro de los estudios sociales sobre la ciencia: la sociología de la ciencia y los estudios sobre ciencia y género.

2. LA NUEVA SOCIOLOGÍA DE LA CIENCIA

De entre todas las disciplinas anteriormente mencionadas, ha sido la sociología de la ciencia, y muy en particular la Nueva Sociología de la Ciencia, la que, al menos en Europa, ha contribuido de forma más decisiva al rápido crecimiento de los estudios Ciencia, Tecnología y Sociedad en los últimos años. En los Estados Unidos, en cambio, los estudios CTS han tenido una orientación menos teórica y más orientada al análisis de problemas concretos causados por el desarrollo científico y tecnológico. Las disciplinas más activas allí han sido la filosofía de la tecnología y la filosofía de la ciencia, y entre los nombres más influyentes cabe citar a Carl Mitcham, Langdon Winner, Don Ihde, Paul Durbin, Albert Borgmann y Kristin Shrader-Frechette (cfr. González y cols., 1996, cap. 7).

Los intentos de analizar las causas sociales del conocimiento pueden retrotraerse al siglo XIX, con la obra de Marx, y más tarde con Émile Durkheim, Max Scheler y especialmente Karl Mannheim. No obstante, y aunque esto podría ser matizado en alguno de ellos, el conocimiento científico fue visto en general por estos autores como un caso aparte que escapaba a los condicionamientos externos de otras creencias humanas; un modo privilegiado de saber que encontraba explicación suficiente en su racionalidad y su verdad. Algunos autores marxistas, como Boris Hessen y John D. Bernal, intentaron ya en la década de los 30 que la ciencia dejara de ser una excepción en lo que a su posibilidad de análisis social se refiere. También en ella los factores sociales debían cobrar la importancia que merecían a la hora de explicar su origen y desarrollo. Sus esfuerzos encontraron entonces muy poco eco.

No obstante, la sociología de la ciencia no adquiere verdadera relevancia hasta la aparición de los trabajos de Robert K. Merton y su escuela de Columbia en la década de los 40. Estos trabajos se centraron en el estudio de la organización institucional de la ciencia, del modo en que ésta regula su sistema de recompensas, del reparto de papeles y de recursos dentro de las instituciones científicas y de cómo ello contribuye a promover u obstaculizar el conocimiento, de las disputas sobre prioridades en los descubrimientos, y en especial, del sistema normativo que da estructura a la ciencia como institución social. La sociología de la ciencia de la escuela mertoniana, sin embargo, no desarrolló—aunque reconoció— la posibilidad de analizar y explicar desde un punto de

vista estrictamente sociológico los contenidos mismos de las teorías científicas, en lo que se refiere a su producción y su validez. Se trató sobre todo de una sociología *de la ciencia*, e incluso de una mera sociología *de los científicos*, más que de una auténtica sociología *del conocimiento científico* con pretensiones epistemológicas. De hecho, según Merton, tales pretensiones epistemológicas debían ser evitadas. El conocimiento científico fue tratado por esta sociología como una caja negra en cuyo interior el sociólogo no debía mirar (cfr. Lamo de Espinosa y cols., 1994, cap. 19 y Woolgar, 1991).

Su propuesta más notoria aparece claramente expresada en un trabajo de 1942 titulado más tarde «La estructura normativa de la ciencia». En él destacaba cuatro normas o valores principales (suelen abreviarse como CUDOS, por sus iniciales en inglés, o CUDEO en español), a la vez morales y técnicos, que serían ampliamente compartidos dentro de la comunidad científica; no sólo por su conveniencia para conseguir ciertos fines cognitivos, sino porque además se los considera como «correctos y buenos» en sí mismos. Dichas normas o valores caracterizarían el *ethos* de la ciencia, transmitido a través del proceso de educación y formación de nuevos científicos, y constituirían el fundamento de la objetividad lograda en el conocimiento científico (Merton, 1942/1977). Son los siguientes:

- *Universalismo*: Esta norma implica que el lugar que el científico individual ocupe en el contexto social debe considerarse como irrelevante para juzgar sus propuestas como científico. Las propuestas científicas deben ser juzgadas mediante criterios que hagan completa abstracción de las circunstancias concretas que concurren en el científico o científicos que las realizan. No debe haber privilegios de ningún tipo. Las personas no cuentan. Todos los científicos, desde los más prestigiosos a los principiantes, han de ser iguales ante el juicio al que los demás sometan a sus ideas. «Las pretensiones a la verdad —escribe Merton—, cualquiera que sea su fuente, deben ser sometidas a *criterios impersonales preestablecidos*: la consonancia con la observación y con el conocimiento anteriormente confirmado. La aceptación o el rechazo de las pretensiones a figurar en las nóminas de la ciencia no debe depender de los atributos personales o sociales de su protagonista; su raza, nacionalidad, religión, clase y cualidades personales son, como tales, irrelevantes» (Merton, 1942/1977, pág. 359).
- *Comunismo o comunitarismo*: La ciencia debe ser un bien de dominio público, al alcance de todo el que tenga la capacidad intelectual y el deseo de acceder a cualquiera de sus resultados. «Los hallazgos de la ciencia son un producto de la colaboración social y son asignados a la comunidad. Constituyen una herencia común en la cual el derecho del productor individual es severamente limitado» (ibíd., págs. 362-263). Precisamente por eso, dado que el reconocimiento y la estima son los únicos derechos de propiedad del científico, las disputas sobre la prioridad en un descubrimiento son tan frecuentes y tan amargas. No reconocerle la prioridad a un científico en un hallazgo es privarle de ese pequeño «derecho de propiedad» que le queda. El comunismo ha de venir propiciado por el «imperativo de la comunicación de los hallazgos». Los científicos deben publicar los resultados de sus investigaciones por los cauces adecuados, en las revistas y

publicaciones de carácter científico, y hacerlo de tal modo que sean reproducibles por otros colegas con la misma competencia profesional. Obviamente, el secreto es algo opuesto a esta norma. El *ethos* de la ciencia choca con la concepción capitalista de la ciencia y la tecnología como propiedad privada (patentes).

- *Desinterés*: No debe ser confundido con el altruismo, esto es, con la idea de que los científicos no busquen algún tipo de beneficio propio. Se trata simplemente de que los motivos e intereses particulares no deben intervenir a la hora de juzgar las investigaciones. Por eso los científicos presentan formalmente sus investigaciones de un modo impersonal, por mucha pasión que hayan puesto en ellas a la hora de realizarlas. Las ideas deben ser formuladas de forma neutral y deben defenderse por sí solas. Es preceptivo además reconocer en las publicaciones las deudas intelectuales que se tengan con el trabajo de otros colegas.
- *Escepticismo organizado*: Es la suspensión temporal del juicio acerca de los resultados de la investigación hasta que no se hayan efectuado los correspondientes exámenes independientes empíricos y lógicos. Todas las propuestas deben ser revisadas críticamente mediante procedimientos rigurosos establecidos como control de calidad, aunque una vez superada la revisión crítica el escepticismo inicial sobre ellas desaparece.

Posteriormente Merton añade la *originalidad* o exigencia de novedad en los resultados públicos de las investigaciones.

La propuesta de estas normas como constitutivas del *ethos* científico suscitó una viva discusión. Los críticos pusieron en cuestión que pudieran explicar realmente el comportamiento de los científicos. Ofrecían una imagen en exceso idealizada y epistemológicamente ingenua de la ciencia, y podían encontrarse casos diversos de incumplimiento de cada una de ellas. Incluso se afirmó que las normas contrarias a las citadas podían tener un efecto positivo para el progreso de la ciencia (cfr. Lamo de Espinosa y cols., 1994, págs. 470 y sigs. e Iranzo y Blanco, 1999, págs. 121 y sigs.). En esta línea de críticas, el sociólogo John Ziman ha sostenido que el trabajo científico actual, realizado habitualmente en el marco de proyectos I + D, ha dejado de ser un trabajo individualizado para pasar a ser fundamentalmente corporativo, y ello ha provocado que las normas predominantes hoy en la ciencia real sean las contrarias a las que Merton señalaba. El *ethos* actual de la ciencia, particularmente de lo que Ziman denomina 'ciencia posacadémica' y más exactamente en la 'ciencia industrial', no sería CUDOS, sino PLACE (siglas de las normas contrarias). El trabajo científico en los grandes laboratorios de investigación estaría dominado por el derecho a la *Propiedad* intelectual, el *Localismo* en los problemas, el *Autoritarismo* en su dirección, la investigación *Comisionada* o por encargo, y el papel preponderante del *Experto* en detrimento del científico creativo y original. El conflicto entre ambos códigos normativos explicaría, según Ziman, muchos de los problemas que se plantean hoy en el desarrollo de una carrera científica (cfr. Ziman, 1994, cap. 7 y 2003, cap. 4).

No obstante, las críticas más profundas contra la sociología mertoniana se alzaron desde el enfoque promovido por David Bloor, Barry Barnes y Steven

Shapin, de la *Science Studies Unit* de la Universidad de Edimburgo. Este nuevo enfoque tuvo entre sus fuentes de inspiración muchas de las ideas expuestas por Kuhn en *La estructura de las revoluciones científicas*, llevándolas a un extremo que el propio Kuhn rechazó. David Bloor caracterizó de forma programática en 1976 lo que se conoce como el 'Programa Fuerte' en sociología de la ciencia, y que hasta el momento constituye la propuesta más difundida y desarrollada dentro de la que sería una sociología del *conocimiento científico*.

El Programa Fuerte es un programa completamente naturalista y externalista. Es naturalista porque pretende ser un estudio científico y empírico de la propia ciencia. Se presenta como una ciencia de la ciencia. Es además externalista porque, si bien Bloor reconoce la intervención de causas no sociales en la producción del conocimiento —y en esto es más moderado que sus sucesores—, se trata siempre de causas «externas». El estudio de Steven Shapin sobre la frenología puede servir como ilustración de este externalismo. Shapin argumenta que las ideas sociales, religiosas y políticas, así como las situaciones de clase social, marcaron las diferentes actitudes hacia la frenología que se dieron en la Escocia de principios del *xix*. Los defensores provenían de la clase media emergente y de la clase obrera, y veían en ella un instrumento para reformas sociales progresistas, mientras que sus detractores provenían generalmente de las clases altas y del *establishment* académico. El debate técnico era, según Shapin, inseparable del conflicto social entre clases (cfr. Shapin, 1975). El Programa Fuerte intenta, sin embargo, evitar un sociologismo ingenuo según el cual bastaría con conocer la posición social de un científico para saber cuáles serían sus creencias, incluidas las científicas. Como aclara Bloor citando otro conocido caso estudiado por los sociólogos:

Nadie está intentando construir los resultados de Pasteur a partir de su conservadurismo, su catolicismo, su lealtad a la emperatriz y unos pocos rasgos de su personalidad. *Esta* empresa, claro está, carece de toda esperanza. Sería, en todo caso, un ejemplo de pensamiento individualista mal concebido antes que una investigación genuinamente sociológica. El tipo de preguntas que cabe hacer y a cuya respuesta puede contribuir el sociólogo se refieren al elenco de interpretaciones que podrían haberse dado a las observaciones de Pasteur, el modo en que venían enmarcadas sus preguntas y sus técnicas para tratar las incertidumbres y los problemas no resueltos por sus datos (Bloor, 1999, pág. 91).

Esas dos características señaladas, su naturalismo radical y su externalismo, hacen que las propuestas realizadas desde la filosofía de la ciencia sean consideradas por el Programa Fuerte no ya como erróneas sino como irrelevantes por completo. Sencillamente, si se acepta el enfoque del Programa Fuerte, la filosofía de la ciencia carece de sentido como disciplina. La ciencia ha de ser estudiada científicamente, lo cual significa sociológicamente. Mantener todavía la vigencia de la filosofía de la ciencia sería tanto como mantener la vigencia de las especulaciones de la filosofía de la naturaleza una vez que ya se dispone de una física desarrollada.

Según el Programa Fuerte (cfr. Bloor, 1976-1991, pág. 7), una explicación adecuada de la ciencia, y por ende, la sociología de la ciencia, debe basarse en los siguientes principios:

1. *Causalidad*: Ha de interesarse por las causas que producen creencias o estados de conocimiento. Estas causas no tienen por qué ser sólo sociales. Bloor admite también causas psicológicas, biológicas, etc.
2. *Imparcialidad*: Ha de ser imparcial respecto a la verdad o falsedad, la racionalidad o irracionalidad, o al éxito o fracaso, de esos conocimientos. En todos esos casos cabe una explicación causal.
3. *Simetría*: Los mismos tipos de causas tienen que explicar las creencias verdaderas o falsas.
4. *Reflexividad*: Sus patrones explicativos han de poder aplicarse a la sociología misma.

Pese a lo que puede parecer, sólo uno de estos cuatro principios, el de simetría, significa un verdadero desafío al enfoque racionalista de la ciencia. El principio de causalidad puede ser admitido por el racionalista siempre y cuando se acepte que *las razones son también un tipo de causas*. Si se acepta esto, como hacen hoy bastantes filósofos (cfr. Brown, 1998), el principio de imparcialidad podría ser admitido también por el racionalista sin demasiados problemas. Por su parte, el principio de reflexividad es insoslayable si se quiere ser coherente. Muchos racionalistas, sin embargo, consideran que este principio se convierte en una autorrefutación del Programa Fuerte entendido en el sentido propuesto por Bloor: si todo conocimiento científico obedece a causas externas, y en esto la sociología de la ciencia no es una excepción, ¿por qué hemos de creer o aceptar sus análisis? ¿No serán éstos el resultado de intereses sociales o de prejuicios de diverso tipo por parte de los sociólogos? Laudan, por otra parte, ha cuestionado el carácter científico de estos principios (cfr. Laudan, 1996).

En cuanto al principio de simetría, lo que busca es desechar la idea, pretendidamente arraigada en la filosofía y la sociología anteriores, de que el sociólogo sólo debe explicar las creencias *falsas*, ya que son éstas las que obedecen a factores sociales distorsionadores, pero no puede extender su análisis social a las *verdaderas*: las creencias verdaderas son aceptadas simplemente por su verdad. Según este 'Supuesto de Arracionalidad', como Laudan lo llama, o 'Programa Débil', como prefiere llamarlo Bloor (cfr. Laudan, 1977, pág. 202 y Bloor, 1999), las explicaciones sociológicas tienen cabida únicamente cuando no es posible dar una explicación acudiendo a la racionalidad de las creencias científicas. Sólo cabría una *sociología del error*. Algo, sin embargo, que ya había sido rechazado por el propio Merton.

Hay aspectos innegables —y que pocos filósofos discutirían— en lo que el principio de simetría implica: la verdad no se explica por sí misma, o dicho de otro modo, para explicar los caminos por los cuales un individuo o un grupo de individuos ha llegado a sostener una creencia, no basta habitualmente con decir que ésta es verdadera a los ojos del que intenta dicha explicación. Ni si-

quiera basta con decir que los individuos que la sostienen la consideran verdadera. Afirmar que la teoría cuántica es (aproximadamente) verdadera no explicaría en absoluto cómo llegó a ser aceptada por la comunidad científica o qué procesos intervinieron en su aceptación. En tal sentido, el filósofo racionalista puede dar la razón a Woolgar en que la opinión que el sociólogo o el filósofo tenga de la *verdad o falsedad* de las creencias sustentadas por los científicos no debe modificar el tipo de explicación a dar en cada caso, atribuyendo unas a factores racionales y otras a factores sociales.

Ahora bien, para el racionalista no es tan claro que pueda extenderse esto a la opinión que se tenga sobre la *racionalidad o irracionalidad* de las creencias, tal como Bloor defiende. Una creencia considerada como completamente irracional por el investigador, como podría ser, por ejemplo, la de pensar que todo el mundo conspira cuando uno se da la vuelta, probablemente sólo puede ser explicada acudiendo a la locura. Sin embargo, la locura no es una explicación satisfactoria de creencias consideradas racionales, como mi creencia en que ha llovido si veo el suelo mojado. Según el racionalista, podríamos decir, en contra del principio de simetría, que las creencias racionales serían simplemente aquellas que pueden ser explicadas mediante razones y las irracionales las que no pueden serlo.

Por otro lado, los críticos del Programa Fuerte suelen coincidir en que no hay por qué reducir los factores explicativos a causas puramente sociales, ni siquiera a causas «externas». Las razones también pueden ser causas de nuestras creencias. La reducción de las causas de éstas a factores «externos» de tipo social, económico, etc., es un presupuesto que se añadiría al principio de causalidad sin mayor justificación (volveremos sobre ello). Ahora bien, si se reconociera que las razones pueden ser causas de nuestras creencias, como Barnes parece dispuesto a hacer (cfr. Barnes, 1974, pág. 75 y Haddock, 2004), hasta un internalista podría asumir la aplicabilidad de los cuatro principios del Programa Fuerte al estudio de la ciencia, pues podría sostener que nuestras creencias científicas están causadas por buenas razones fundamentalmente. Los críticos han señalado también, como base de estas dificultades, una ambigüedad (que Bloor no solventa) en la expresión 'el mismo tipo de causas', empleada en la formulación del principio de simetría. A la que se añade la ausencia de una explicación detallada de cómo los intereses sociales causan las creencias individuales (cfr. Niiniluoto, 1999, cap. 9, Laudan, 1996, cap. 10 y Brown, 2001, cap. 6).

El Programa Fuerte en sociología de la ciencia abrió las puertas a nuevas propuestas, cada vez más radicales, comprometidas con el supuesto de que el contenido y la aceptación de la validez del conocimiento científico eran analizables mediante recursos estrictamente sociológicos. Sólo que en ellas, a diferencia de lo que se hacía en el Programa Fuerte, los factores sociales no se consideran como elementos que influyen desde fuera, sino que son inseparables de los elementos cognitivos, impregnando a la ciencia desde dentro en todas sus manifestaciones. Por ese motivo, no es el contexto social exterior al laboratorio el que es tenido principalmente en cuenta en estas propuestas. El centro de

atención lo ocupa el entramado social que se da dentro del propio laboratorio durante el desarrollo cotidiano del trabajo de investigación. El enfoque micro-sociológico toma el relevo al macrosociológico. *Los factores sociales se consideran, además, como determinantes de la construcción de los hechos y de las teorías por parte de los científicos, y no como meros causantes de ciertas creencias.* No es que los intereses sociales influyan en la ciencia junto con nuestra experiencia de la naturaleza, es que la ciencia misma es una *construcción social*, como pueda serlo el mito o la magia, y —para algunos— también lo es lo que desde ella se considera como real. La ciencia carece, pues, de cualquier privilegio epistémico.

De entre estas nuevas propuestas han tenido particular repercusión las realizadas a partir de estudios etnográficos del trabajo en los laboratorios. Y a su vez, la obra clave en este campo ha sido *Laboratory Life*, de Bruno Latour y Steve Woolgar, publicada en 1979 (la otra gran obra, que no comentaremos, es *The Manufacture of Knowledge*, de Karin Knorr-Cetina, publicada en 1981).

El propósito de Latour y Woolgar, tal como lo exponen ellos mismos al comienzo de su obra, era estudiar a los científicos que trabajan en un laboratorio del mismo modo que un antropólogo estudiaría una tribu de Costa de Marfil; escrutando cuaderno en mano sus «rituales» y sus «mitos». Para ello eligieron al equipo de investigadores que dirigía Roger Guillemin en el *Salk Institute for Biological Studies* de Texas. Su trabajo de campo duró desde 1975 a 1977. Se da la circunstancia de que Guillemin obtuvo en 1977 el premio Nobel por haber realizado la investigación que describen Latour y Woolgar, a saber, la determinación de la estructura molecular de la hormona de liberación de la tirotropina.

Latour y Woolgar argumentan que un hecho científico y, en general, lo que cuenta como realidad para la ciencia es el resultado de una construcción social en los laboratorios. Son las negociaciones entre los científicos las que hacen que algo *sea* un hecho, las que constituyen el objeto mismo. Así, el factor (u hormona) liberador de la tirotropina (TRF o mejor TRH) como molécula cuya estructura es PiroGlu-His-Pro-NH₂ es algo construido socialmente por los científicos («Afirmamos que el TRF es completamente una construcción social») (Latour y Woolgar, 1986, pág. 152). Con esto no están diciendo que la ciencia sea un fraude, ni pretenden negar que los hechos científicos sean hechos sólidos y fiables. En esto el constructivista social sería tan firme como el positivista, con el que comparte más de lo que parece. Lo que sucede es que los hechos y la realidad no pueden ser aducidos para explicar por qué los científicos resuelven sus controversias. Y la razón es que la realidad externa es la consecuencia y no la causa del trabajo científico. Los hechos no son los que desencadenan la controversia, sino que son el producto de la misma (cfr. *ibíd.*, págs. 181-182). La realidad se define precisamente como el conjunto de enunciados que es demasiado costoso modificar (cfr. *ibíd.*, pág. 243). (Para una crítica de los argumentos de Latour y Woolgar en *Laboratory Life*, véase Brown, 2001, págs. 137-141.)

Estas tesis dejan ver claramente por qué se denomina 'constructivismo social' a la tendencia que representan en sociología de la ciencia: hacen de la rea-

lidad una construcción de los científicos. En obras posteriores, Woolgar ha reforzado este constructivismo social de carácter idealista, según el cual «la representación da lugar al objeto» (cfr. Woolgar, 1991, pág. 99). Latour, por su parte, ha propuesto no privilegiar el polo social sobre el natural. Ampliando el principio de simetría, cree ahora frente al Programa Fuerte que, en lugar de explicar lo natural por lo social, habría que explicar lo natural y lo social en los mismos términos y a partir de los mismos procesos (cfr. Latour, 1992 y 1993, y para una réplica Bloor, 1999). Este constructivismo generalizado, que incluye tanto a la naturaleza como a la sociedad como objetos construidos en inseparable amalgama (*cuasiobjetos*, en terminología de Michel Serrés), es, según Latour, más coherente que el constructivismo social, que se limita a ser constructivista con respecto al mundo natural pero es realista con respecto al social. No existiría tal separación entre el polo social y el polo natural, ambos se presentarían siempre en redes imbricadas y con ambos habría que contar para analizar el conocimiento científico. Pero esta reintroducción del polo natural, de los objetos no sociales, en el análisis no debe interpretarse como una vuelta a posiciones no sociologistas o no relativistas. Todo lo contrario, el relativismo se mantiene inamovible en los escritos de Latour, pese a criticarlo en el Programa Fuerte: «El occidental —escribe, por ejemplo— puede creer que la ley de la gravedad es universal [...] de la misma forma que los bimin-kuskumin de Nueva Guinea pueden creer que ellos son la humanidad entera, pero éstas son creencias respetables que la antropología comparada ya no está obligada a compartir» (Latour, 1993, pág. 176). Este tipo de relativismo es, por otra parte, una creencia ampliamente compartida entre los nuevos sociólogos de la ciencia.

En una línea también constructivista se sitúan los estudios sobre el cierre de controversias científicas, realizados entre otros por Harry Collins, de la Universidad de Bath (Inglaterra), y Trevor Pinch, de la Universidad de Cornell (EE.UU.). La idea central que inspira estos estudios aparece recogida en el *Empirical Programme of Relativism* (EPOR), propuesto por Collins. En este enfoque, al menos como planteamiento metodológico «el mundo natural no desempeña ningún papel, o uno muy pequeño, en la construcción del conocimiento científico» (Collins, 1981, pág. 3)³. En contra de la opinión habitual, las controversias entre los científicos no acaban porque los hechos (o los experimentos) den la razón a unos y se la quiten a otros. Por el contrario, los hechos son los que el cierre de la controversia determina que son. Los datos empíricos, los resultados experimentales pueden ser interpretados de muy diversas maneras, de modo que nadie puede apelar a los hechos establecidos experimentalmente para dirimir la disputa. Lo que está en cuestión en la controversia es justamente cuáles son esos hechos, y hasta que no se ha cerrado la controversia en torno a una interpretación posible de los resultados no hay hechos unánimemente

³ A diferencia de lo mantenido por Latour y Woolgar y por Collins y Pinch, el Programa Fuerte concedía un cierto papel al mundo natural a la hora de conformar las creencias científicas (cfr. Barnes y Bloor, 1997, pág. 35 y Bloor, 1999).

aceptados (por ejemplo, la controversia sobre la fusión en frío, o sobre la detección de ondas gravitacionales, o sobre la detección de neutrinos solares (cfr. Collins y Pinch, 1993).

Para Collins y Pinch, los científicos no creen en una hipótesis porque ésta haya sido vista por todos como verdadera, sino que es verdadera porque han decidido creer en ella. Las controversias científicas están infradeterminadas por la experiencia y cuando se cierran, lo hacen mediante negociaciones en las que intervienen de forma determinante las circunstancias sociales en las que se sitúan los participantes en la controversia y el manejo que estos hacen de las mismas. La sociología de la ciencia debe realizar un análisis microsocioal sobre los mecanismos concretos que se despliegan en las negociaciones y permiten decidir el cierre de las controversias. (Para una crítica de estas tesis es también útil Brown, 2001 y Koertge [ed.], 1998.)

Este rápido recorrido no nos permite hacer un balance justo de los logros y las debilidades que encierran todas estas propuestas, pero algo hemos de decir sobre ello, aun a riesgo de parecer demasiado expeditivos. Como resumen de lo que ha pretendido, y para muchos ha conseguido, la investigación en sociología de la ciencia durante estos años pueden valer muy bien las siguientes palabras del sociólogo de la ciencia Sal Restivo:

Esta investigación ha puesto en cuestión, al menos, el carácter único de las racionalidades empleadas en la ciencia; ha sugerido al menos que la fiabilidad, la validez, la verdad y la objetividad son logradas en la ciencia (como institución social específica) del mismo modo en que son logradas en la actividad epistémica general en cualquier organización o cultura; y ha mostrado que el rigor no es una condición *sine qua non* de la ciencia: es parte del ciclo de la investigación, y puede coexistir en el mismo campo de investigación —e incluso en el mismo proyecto o dominio de problemas— con conceptos y métodos no rigurosos. Los estándares de rigor y de validez están histórica y culturalmente situados. Y a menudo el relajamiento en los cánones del rigor es una condición para resolver problemas intratables, para desarrollar nuevos enfoques con los que evitar los obstáculos, y, en general, para conseguir que se hagan las cosas. Generalmente, los estándares de rigor, validez, racionalidad, etc., son establecidos por, o están asociados con, la ortodoxia y la autoridad. Y no debemos olvidar el interés que los científicos tienen como profesionales —como trabajadores— en las estrategias demarcacionistas. Admitir que los científicos tienen intereses y objetivos ideológicos y profesionales, e ignorar estos factores en beneficio de algún tipo de modelo idealista de la investigación sólo oculta las realidades sociales complejas que ligan el descubrimiento y la validación con cuestiones de *status*, poder y prestigio, que hacen que la «corrección» cognitiva sea dependiente del contexto, y que conectan las teorías, los métodos y la organización social (Restivo, 1997, pág. 66).

Un problema general que ha sido señalado en estos enfoques sociológicos es la falta de justificación científica (y no se olvide que la sociología de la ciencia quiere ser una ciencia de la ciencia) del supuesto principal del que se parte, al menos en las interpretaciones más radicales. Este supuesto afirma que sólo

los factores sociales o externos bastan para dar cuenta del modo en que se desarrolla la investigación científica; o dicho de otro modo, que la evidencia empírica y las razones empleadas en la argumentación o son prescindibles o son reductibles en última instancia a fenómenos sociales. De la convicción no cuestionada por nadie de que la ciencia es una institución social, se suele pasar, de forma inmediata y discutible, a la tesis mucho menos evidente, y que sin embargo se da por establecida; de que «cualquier evaluación o crítica de la ciencia es una evaluación o crítica de relaciones sociales, de poder y control sociales, de las tensiones entre fuerzas sociales conservadoras y transformadoras, y de valores» (Restivo, 1997, pág. 69).

Niiniluoto ha expresado bien esta queja común a los racionalistas cuando escribe:

Cualquier marco comprensivo para los estudios sobre la ciencia debe reconocer que las opiniones de las comunidades científicas pueden depender de una variedad de diferentes tipos de factores —entre ellos las razones 'internas', los argumentos, los prejuicios, los errores, la comunicación persuasiva, e influencias sociales 'externas'. El hecho de que los sujetos del conocimiento científico estén siempre socialmente situados no excluye su interacción con los objetos de conocimiento. [...] [L]a tarea de una teoría de la ciencia debería ser proporcionar un modelo plausible que mostrara *dónde* y *cómo* pueden jugar un papel en la práctica científica los factores externos (Niiniluoto, 1999, pág. 259).

3. LA FILOSOFÍA FEMINISTA DE LA CIENCIA

Dentro de los estudios sociales sobre la ciencia ocupa un lugar central la filosofía feminista de la ciencia o epistemología feminista. En este campo los nombres que más han destacado son los de Sandra Harding, Donna Haraway, Helen Longino, Evelin Fox Keller y Lynn Hankinson Nelson.

Resulta obvio el hecho de que las mujeres no están aún adecuadamente integradas en la profesión científica. A pesar de que en los últimos años el número de mujeres que estudian alguna ciencia ha crecido paulatinamente y tiende a igualar al de los hombres, su representación en los puestos de relevancia profesional es todavía muy escasa. En el caso español, por ejemplo, mientras que en el año 2000 el número de mujeres investigadoras que trabajaban en I + D rondaba el 33 por 100, sólo el 4 por 100 de los catedráticos en ingenierías y en disciplinas tecnológicas eran mujeres y en ciencias de la salud no superaban el 9 por 100. Y, con todo, la situación en España no es de las peores en Europa. Evidentemente, ésta ha sido una de las situaciones más denunciadas por el feminismo y uno de los temas analizados originalmente por la filosofía feminista de la ciencia. Pero en la actualidad sus pretensiones teóricas van mucho más allá de la mera denuncia sociológica de las barreras que encuentran las mujeres en su carrera científica y del intento de reparación de esta situación injustificable. La epistemología feminista asume que los valores no cognitivos o contex-

tuales (en este caso los valores de género) influyen en el lenguaje de la ciencia, en las metáforas, en los problemas elegidos, en los métodos de investigación y de justificación de las teorías, en los fines perseguidos e incluso en el propio contenido de las teorías científicas.

Esto es particularmente claro, según sus tesis, en las ciencias sociales y en la biología, pero afecta a todas las ciencias. Las teorías científicas están cargadas de valores; no son axiológicamente neutrales. Puesto que además están infradeterminadas por la evidencia empírica, estos valores de género (junto con otros valores contextuales) marcarán también las decisiones de los científicos a la hora de seleccionar teorías. No se trata, por tanto (al menos desde los enfoques prevalecientes dentro de los estudios feministas), de que se haga 'ciencia mala' debido a prejuicios machistas que hay que corregir, sino que la ciencia tal como la conocemos, tanto la buena como la mala, ha estado y está impregnada por estos prejuicios propios del varón blanco de clase media, que es el que habitualmente la ha hecho. Dentro del feminismo se ha llegado a especular incluso con la posibilidad de una ciencia feminista, muy distinta a la actual ciencia androcéntrica (cfr. Longino, 1987).

Una buena parte de la filosofía de la ciencia feminista ha centrado su atención en la comunidad científica como tal, contraponiéndose así al individualismo de la epistemología tradicional que se centraba en el científico como agente del conocimiento. La ciencia es vista como un conocimiento situado en un contexto social y cultural del que no puede sustraerse, contexto en el que los valores androcéntricos son los predominantes. La ciencia habría sido practicada en concordancia con dichos valores, e incluso contribuye a mantenerlos, lo cual dificulta la incorporación de la mujer en ella. Escribe Harding:

Las aportaciones a la cultura que defiende la ciencia sólo pueden hacerse por yoes transhistóricos que reflejan una realidad de entidades exclusivamente abstractas; por una forma administrativa de interacción con la naturaleza y con otros investigadores; mediante formas impersonales y universales de comunicación, y con una ética de elaboración de reglas para adjudicaciones absolutas de derechos contrapuestos entre los elementos de prueba autónomos desde el punto de vista social (es decir, independientes de los valores). Éstas son exactamente las características sociales necesarias para llegar a *generizarse* como hombre en nuestra sociedad (Harding, 1996, pág. 205).

Entre los apoyos aducidos en favor de estas tesis está el uso de ciertas metáforas e imágenes en la ciencia. El lenguaje, presente ya en Bacon, que subraya el carácter de la ciencia como poder dominador, que habla de forzar a la naturaleza para arrancarle sus secretos, de descubrir el velo que la oculta, e incluso de esclavizarla, es un lenguaje que ha sido habitual en la historia de la ciencia y que encierra una fuerte carga sexista. Sandra Harding llega a calificarlas como metáforas de violación y tortura, y, llevando las cosas a un extremo que le ha costado numerosas críticas, se pregunta por qué no iba a ser tan iluminador llamar a las leyes de Newton «manual de violación de Newton» como llamarlas «mecánica de Newton» (cfr. Harding, 1996, pág. 100).

Pero no es sólo la retórica con la que se ha justificado a la ciencia en el pasado la que porta esa carga sexista. Según la epistemología feminista, la ciencia actual sigue utilizando metáforas cargadas igualmente de prejuicios de género. Una de ellas es la metáfora de la reproducción que describe al espermatozoide como activo y luchador y al óvulo como receptor pasivo que se limita a ser transportado y a esperar la llegada del espermatozoide. Esta metáfora revela un enfoque machista del proceso reproductivo, y no se tiene ya en pie a pesar de que sigue siendo usada, puesto que ha sido desmentida por la propia investigación biológica. El complejo y activo papel que desempeña el óvulo en la fecundación, incluyendo la guía del espermatozoide hasta él y su fijación, ha sido ya ampliamente establecido. Así expone Keller el asunto:

Consideremos [...] los modos en que se ha representado el proceso de la fecundación biológica. Hace veinte años el proceso podía ser descrito eficaz y aceptablemente en términos evocadores del mito de la Bella Durmiente (por ejemplo, penetración, conquista y despertar del óvulo llevados a cabo por el espermatozoide) precisamente por la consonancia de esta imagen con los estereotipos sexuales prevalecientes [...]. Hoy en día una metáfora diferente ha llegado a parecer más útil y claramente más aceptable: en los libros de texto contemporáneos es más probable que la fecundación aparezca descrita en el lenguaje de la igualdad de oportunidades (definida, por ejemplo, como «el proceso por el cual el óvulo y el espermatozoide se encuentran el uno al otro y se funden» [...]). Lo que fue una metáfora socialmente eficaz hace veinte años, ha dejado de serlo, en gran medida gracias a la dramática transformación de las ideologías de género que ha tenido lugar en el interín (Keller, 1995, pág. XII).

Desde posiciones críticas con la epistemología feminista se ha respondido que la metáfora del espermatozoide activo y el óvulo pasivo proviene de textos divulgativos y no se puede encontrar en publicaciones científicas de carácter profesional, ni siquiera en el pasado, ya que, de hecho, el papel activo del óvulo fue reconocido en dichas publicaciones desde los primeros estudios sobre la fecundación en las décadas iniciales del siglo xx (cfr. Gross, 1998). No obstante, lo cierto es que uno de los estudios iniciales del que proviene el ejemplo (Martín, 1991) afirma estar basado en el análisis de diversos manuales de biología usados por los estudiantes de medicina de la Universidad Johns Hopkins en los Estados Unidos y cita también algún *abstract* científico.

Además de al lenguaje y a las metáforas, los prejuicios de género afectan en algunos casos al contenido mismo de las hipótesis que se proponen en la ciencia. Esto no las convierte necesariamente en falsas, pero sí que impide o dificulta la aparición y consideración detenida de hipótesis alternativas. Un ejemplo de ello muy citado también en la literatura feminista sería el de la hipótesis del «hombre-cazador» en antropología (cfr. Longino, 1990, cap. 6). Aunque su formulación explícita es de finales de los 60, la idea fue sostenida por el propio Darwin en el *Origen de las especies*. Según dicha hipótesis el desarrollo inicial

de la tecnología estuvo basado en la fabricación de instrumentos para la caza por parte de nuestros ancestros machos. De ahí que el camino que tomó la evolución humana, como por ejemplo la disminución del tamaño de los dientes caninos debido a su menor importancia, la bipedestación como modo de mejorar la caza o el aumento de la inteligencia ligada a la habilidad manual, estuviera marcado por las actividades consideradas como propiamente masculinas. La presión selectiva se ejercía sobre la capacidad para desempeñar adecuadamente esas actividades.

Esta hipótesis obedece a un estereotipo sexual que ha sido privilegiado tradicionalmente y que ha propiciado que no se tomen suficientemente en cuenta otras explicaciones alternativas de la evolución humana. Por ejemplo, una hipótesis que ha sido propuesta a mediados de los 70 es la de la «mujer-recolectora». Según esta hipótesis son las actividades desarrolladas por nuestras antepasadas femeninas las que llevaron el peso de nuestra evolución. Cuando nuestros antepasados ocuparon la sabana fue la labor de las mujeres en la recolección y preparación de alimentos y el cuidado de los hijos, con la fabricación de los correspondientes utensilios para esas tareas, el elemento sobre el que se ejerció la mayor presión selectiva. De modo que el aumento de la inteligencia habría venido propiciado por la necesidad de realizar de forma cada vez más eficiente esas tareas desempeñadas por las mujeres.

Al considerar este ejemplo, Helen Longino advierte que la cuestión no es que la primera hipótesis sea falsa debido a sus prejuicios machistas y la segunda verdadera por todo lo contrario. En su opinión, los datos del registro fósil no permiten realizar una elección definitiva entre la una y la otra. Ambas poseen un grado similar de adecuación empírica, y en principio tan respetable y acorde con la buena ciencia es la primera como la segunda. Pero lo que puede decirse es que la primera hipótesis —que es la preferida de muchos científicos— está cargada de valores androcéntricos que son transpuestos desde nuestra cultura actual al comportamiento de los primeros representantes del género *homo*. Esta carga valorativa quizá habría permanecido oculta si no surge como contraste la segunda hipótesis, con la carga contraria de valores ginocéntricos, que son también transpuestos al pasado. En cambio, Sandra Harding va más allá. Ella sostiene que desde cualquier perspectiva y con los datos en la mano la segunda hipótesis debe considerarse como preferible a la primera (cfr. Harding, 1996, págs. 90-91).

Dentro del feminismo hay orientaciones diversas que también se plasman en la filosofía feminista de la ciencia. Harding ha ofrecido una clasificación que ha hecho fortuna (cfr. Harding, 1996, cap. 1). Según Harding, los estudios feministas sobre la ciencia pueden situarse en tres enfoques diferentes y hasta enfrentados en algunos aspectos: el *empirismo feminista*, el *punto de vista feminista* y el *posmodernismo feminista*.

El empirismo feminista, defendido, por ejemplo, por Longino y por Nelson, se caracteriza por pensar que los sesgos sexistas de la investigación científica pueden eliminarse con una correcta aplicación de las normas metodológicas de la ciencia y con un cambio en el lenguaje. Desde este enfoque se

considera que cabe un punto de vista objetivo y desprejuiciado en lo que respecta al género al que la ciencia debe aspirar. La ciencia mejoraría si lograra eliminar los prejuicios de género, sean del tipo que sean. El segundo enfoque, el del punto de vista feminista, en cambio, rechaza de plano esta pretensión. Basándose en la teorización hegeliana sobre la relación amo-esclavo y en el marxismo, sostiene que el punto de vista femenino, en tanto que propio de un grupo oprimido, ofrece una perspectiva mejor que el punto de vista masculino ya que se trata de una perspectiva menos parcial y menos perversa y, por tanto, privilegiada. Aplicado a la ciencia, esto significa que las mujeres poseen una capacidad mayor para captar ciertos aspectos de la naturaleza y de la vida social, en particular los que se refieren a la situación social de la mujer. Una ciencia hecha por mujeres podría ser, pues, una ciencia mejor que la que tenemos actualmente, hecha fundamentalmente por hombres. Las mujeres poseen un estilo cognitivo diferente al de los hombres. Mientras que el de éstos es abstracto, teórico, analítico, cuantitativo, deductivo, orientado hacia el control y el dominio, el de las mujeres es concreto, práctico, sintético, cualitativo, intuitivo, orientado hacia el cuidado. La ciencia ha privilegiado históricamente el estilo cognitivo masculino y por eso el femenino es menospreciado y marginado dentro de ella, pero en realidad el estilo cognitivo femenino es superior porque elimina la separación entre objeto y sujeto de conocimiento y porque es éticamente preferible el cuidado a la dominación (cfr. Anderson, 2003). El posmodernismo feminista, representado por Donna Haraway y la propia Harding (quien inicialmente defendió el punto de vista feminista), rechaza los dos planteamientos anteriores. Ni es posible una objetividad carente de sesgos sexistas ni existe un punto de vista femenino único que incluya a mujeres de diferentes razas, clases sociales, culturas u orientaciones sexuales. No existe «la mujer», hay mujeres. No hay un gran metarrelato que sirva para representar a todas las mujeres, hay sólo pequeños relatos parciales y diversos sobre mujeres en situaciones concretas. Los conceptos de 'mujer' y 'feminidad' son conceptos contruidos socialmente «mediante proyectos de dominación masculina» (Harding, 1996, pág. 150). Pretender que hay un punto de vista propio de la mujer, un carácter femenino universal, es afianzar viejos tópicos machistas.

En los últimos años los límites entre estos enfoques han tendido a difuminarse y han surgido nuevas orientaciones. Desde posiciones posmodernistas se ha reconocido la necesidad, para la promoción de la propia causa feminista, de aceptar que es posible la adquisición de un conocimiento fiable sobre el mundo. Desde el punto de vista feminista se ha admitido que no puede «esencializarse» lo femenino y que las diversas circunstancias sociales pueden producir puntos de vista muy diferentes en las mujeres, aunque no se acepta que la fragmentación de la que habla el feminismo posmoderno llegue hasta el extremo de invalidar el concepto de 'mujer' como categoría analítica. El empirismo feminista, por su parte, parece más dispuesto a coincidir con las otras posturas en que el sujeto cognitivo está irremediamente situado y que un cierto punto de vista feminista, aunque plural, es necesario para contrarrestar los prejuicios ma-

chistas existentes en el tratamiento de algunos problemas científicos (cfr. Anderson, 2003).

Conviene saber también que no todas las feministas comparten las tesis básicas subyacentes en la epistemología feminista y la filosofía de la ciencia feminista. Susan Haack, por ejemplo, las ha criticado duramente y afirma que una «epistemología feminista» es algo que suena tan incongruente como una «epistemología republicana», e incluso el proyecto le parece peligroso, ya que promueve una politización de la investigación (cfr. Haack, 1998, pág. 124 y 131). Según Haack, la epistemología feminista (y con ello parece referirse básicamente a la orientación que Harding llama 'punto de vista feminista'), en lugar de socavar los prejuicios sexistas, los refuerza, en la medida en que se mantiene que hay una visión femenina de las cosas y que ésta es menos racional o menos lógica que la masculina.

Algunos estudios empíricos parecen dar la razón a Haack en que no hay base suficiente para mantener una separación tajante entre epistemologías masculinas y femeninas que conduzcan a formas distintas de razonar, aunque la cuestión es aún controvertida. Ciertamente es que están documentadas en la literatura diferencias significativas en la psicología masculina y femenina (por ejemplo en la propensión a la violencia, la percepción y la atención, la rotación mental de objetos, la memoria de localizaciones espaciales, la resolución de problemas matemáticos, la capacidad de cálculo, la fluidez verbal, la tolerancia al dolor, etc.). Estas diferencias además aparecen en culturas muy diversas, lo que hace perder fuerza a la tesis del feminismo posmoderno de que las diferencias de género están construidas socialmente y son, por tanto, completamente dependientes de la cultura (cfr. Kimura, 2000, Halpern, 2000 y Pinker, 2002, cap. 18). Pero es muy dudoso que estas diferencias psicológicas —la mayoría de ellas muy poco marcadas y ninguna de ellas apoyada unánimemente por todos los estudios realizados— den pie para afirmar que existe una visión femenina del mundo menos lógica y racional que la masculina⁴. Por otro lado, no se han hallado diferencias apreciables entre niños y niñas en muchos otros aspectos importantes, como el nivel de inteligencia general, el desarrollo moral y el razonamiento moral, el valor que conceden a su autonomía, las capacidades emocionales, la necesidad de poder, la capacidad sexual o la hostilidad (cfr. Tavris, 1992).

Haack no cree tampoco que el punto de vista del oprimido sea siempre un punto de vista epistémicamente privilegiado, ya que precisamente la situación

⁴ Steven Pinker, pese a subrayar las diferencias psicológicas entre hombres y mujeres, escribe sin embargo: «Así, los hombres no, son de Marte ni las mujeres de Venus. [...] Sus niveles medios de inteligencia general son los mismos según las mejores estimaciones psicométricas, y usan el lenguaje y piensan sobre el mundo físico y viviente del mismo modo general. Sienten las mismas emociones básicas, y ambos disfrutan con el sexo, buscan parejas para el matrimonio que sean inteligentes y amables, pueden experimentar celos, se sacrifican por sus hijos, compiten por el estatus y la pareja, y a veces cometen agresiones en la búsqueda de sus intereses» (Pinker, 2002, pág. 344).

de opresión suele conllevar un control de la información por parte del opresor, lo que deja al oprimido con un conocimiento más limitado de la situación. Éstas son críticas de las que puede escapar, sin embargo, la epistemología feminista que niega la existencia de un estilo cognitivo propiamente femenino y privilegiado, es decir, tanto el empirismo feminista como el posmodernismo feminista.

Una crítica más general contra la epistemología feminista señala que los casos estudiados suelen limitarse a la biología y a las ciencias sociales, donde pueden introducirse más fácilmente prejuicios de género, pero son muy escasos y poco convincentes en lo que se refiere a la física, la química o las matemáticas. Desde el feminismo se contesta que, aunque en estas ciencias los prejuicios sean más difíciles de detectar, también existen. Por el momento, sin embargo, los casos estudiados resultan bastante menos plausibles que los referidos a la biología o a las ciencias sociales. Harding ha afirmado que, en realidad, lo que importa es mostrar que en estas ciencias sí existen tales prejuicios porque son precisamente las ciencias sociales las que constituyen el modelo de lo que es hoy la ciencia, siendo la física un caso especial (cfr. Harding, 1996, pág. 40). Ni que decir tiene que esta afirmación es rechazada por los críticos.

4. LA RESPUESTA ANTIRRELATIVISTA. LAS GUERRAS DE LA CIENCIA

Varios filósofos de la ciencia de orientación racionalista, como Larry Laudan (1977 y 1996) o Susan Haack (1998), pero especialmente filósofos realistas, como W. H. Newton-Smith (1987), León Olivé (1988), Mario Bunge (1991 y 1992), Roger Trigg (1993), Christopher Norris (1997), Ilkka Niiniluoto (1999), Ronald Giere (1988 y 1999) o James R. Brown (2001), han presentado diversas objeciones a las tesis defendidas desde los estudios sociales sobre la ciencia y, particularmente, desde la Nueva Sociología de la Ciencia. No debe sorprender que un objetivo central de estas críticas haya sido el relativismo explícito con el que éstas están comprometidas. Como reconoce Woolgar:

El programa fuerte de la sociología del conocimiento científico atrajo una gran atención, no porque propusiera un análisis sociológico de materias que anteriormente habían sido objeto de la filosofía —el contenido y la naturaleza del conocimiento científico—, sino porque enfatizaba la relatividad de la verdad científica. Ello suponía que al conocimiento científico ya no se le podía seguir considerando sencillamente como algo 'racional', que la aplicación de la 'razón' ya no garantizaba la 'verdad', etc. (Woolgar, 1991, pág. 68).

Dedicaremos unos últimos párrafos a una réplica especial que ha alcanzado una gran notoriedad y que resulta sumamente ilustrativa de la situación en la que se encuentra en estos momentos el ambiente intelectual creado por los estudios CTS. Me refiero a las conocidas como 'Guerras de la Ciencia', que han

enfrentado recientemente a destacados miembros de la academia, sobre todo en Estados Unidos, si bien se han visto muy implicadas la filosofía y la sociología de la ciencia francesas.

En pocas palabras puede decirse que lo que ha estado y está en discusión es si el constructivismo social y la negación del papel de la argumentación y la evidencia empírica que se ha realizado desde los estudios CTS deja espacio para dar una explicación aceptable del modo en que funciona la ciencia en realidad. Algunos científicos han participado activamente en la polémica para oponerse a las tesis constructivistas, lo que ha provocado que se vea aquí, erróneamente en mi opinión, una nueva manifestación de la separación entre las dos culturas, la humanística y la científica (cfr. Diéguez, 2000). Y digo erróneamente porque las cosas son más complejas y en cada bando enfrentado pueden encontrarse tanto científicos como humanistas.

El origen de la polémica se sitúa en la publicación en 1994 del libro del biólogo Paul R. Gross y del matemático Norman Levitt titulado *Higher Superstition. The Academic Left and Its Quarrels with Science*. El libro era una crítica bastante ácida de las tesis relativistas y constructivistas defendidas por ciertos autores norteamericanos de orientación izquierdista y posmoderna pertenecientes al campo de los estudios CTS. En él se afirmaba que este sector de la academia norteamericana era hostil a la ciencia, y no sólo por los efectos perjudiciales de la tecnología sobre el medio ambiente, sino por la presentación que la ciencia hace de sí misma como conocimiento objetivo y metodológicamente justificado.

Pocos meses después, en ese mismo año, Alan Sokal, profesor de física en la Universidad de Nueva York comprometido políticamente con la izquierda, envió a la revista *Social Text* un artículo titulado «Transgrediendo los límites: Hacia una hermenéutica transformadora de la gravedad cuántica». La revista *Social Text* es un órgano habitual de expresión en el ámbito de los estudios culturales y sociales. Está editada por la Universidad de Duke, y en ella publican con asiduidad autores considerados como posmodernistas. Casualmente estaba por entonces preparando un número especial en respuesta al libro de Gross y Levitt, y el artículo de Sokal parecía encajar perfectamente en tal proyecto.

Se trataba de un artículo escrito por un físico que, ya desde el mismo título, utilizaba el vocabulario típico de los estudios sociales sobre la ciencia y que en su contenido daba la razón a los que sostenían que la ciencia era un discurso entre otros, sin privilegios cognitivos o metodológicos. Un artículo que negaba, apoyándose en la física contemporánea, la existencia de una realidad independiente; que afirmaba que el conocimiento científico, lejos de ser objetivo, es un reflejo de la ideología dominante; que aseguraba que el psicoanálisis lacaniano había sido confirmado por la teoría cuántica de campos; que hablaba de la historicidad del número π y de la constante de gravitación G ; y que defendía la necesidad de unas nuevas matemáticas que fueran verdaderamente emancipatorias. Era, pues, un respaldo importante, y el artículo fue finalmente aceptado y publicado en dicho número, que apareció en 1996. Este número incluía

además trabajos de figuras tan relevantes en los estudios CTS como Sandra Harding, Hilary Rose y Steve Fuller⁵.

El escándalo se desató cuando Sokal envió una carta a los editores de *Social Text* para explicarles que su artículo había sido una parodia de los trabajos realizados habitualmente en el campo de los estudios CTS por autores posmodernistas y que cualquier estudiante de física o de matemáticas habría podido darse cuenta de los absurdos que contenía. Los editores se negaron a publicar la carta y Sokal la envió a la revista *Lingua Franca*, donde finalmente se publicó. El asunto adquirió tal magnitud, gracias sobre todo a su difusión por Internet, que aparecieron comentarios en algunos de los más importantes diarios del mundo, y se le dedicó una editorial en el *New York Times*.

Las respuestas no se hicieron esperar, y fueron muy variadas. El engaño de Sokal despertó las simpatías de muchos científicos y filósofos que vieron en él una demostración de la falta de criterio y de rigor imperante, al menos por el momento, en el campo de los estudios sociales sobre la ciencia, lo cual descalificaba sus resultados. Los que se sintieron engañados o injustamente ridiculizados, sin embargo, denunciaron la falta de honestidad de Sokal y minimizaron las consecuencias de su engaño, que sólo habría probado que en ocasiones fallan los sistemas que deben controlar la calidad y la seriedad de los trabajos publicados en una revista, o como mucho, que el entusiasmo político puede conducir a errores de juicio. Latour llegó a acusar a Sokal en *Le monde* de querer buscar en la cultura francesa un nuevo enemigo tras el fin de la Guerra Fría. El debate sobre lo que el engaño de Sokal probaba o no probaba estaba servido.

El propio Sokal ha sido modesto en sus pretensiones. En su opinión, el mero hecho de la publicación de su artículo sólo prueba «que los editores de una revista bastante marginal fueron negligentes en sus deberes intelectuales publicando un artículo sobre física cuántica que, según admiten, no podían entender, sin molestarse en consultar la opinión de alguien que conociese la física cuántica, sólo porque provenía de un 'aliado convenientemente acreditado'» (Sokal, 1998, pág. 11). Pero esto no es lo importante, según Sokal. Lo importante es el contenido mismo del artículo. Si el artículo es un sinsentido, lo es por lo que dicen los textos de autores posmodernos citados en él, ya que lo único que añade Sokal a esos textos es un argumento (también absurdo) capaz de darles cierta unidad a todos ellos. En cuanto a la intención que le llevó a realizar el engaño, Sokal ha escrito: «¿Pero por qué lo hice? Confieso que soy un Viejo Izquierdista descarado que nunca entendió muy bien cómo se supone que la deconstrucción iba a ayudar a la clase trabajadora. Y soy un viejo científico indigesto que cree, ingenuamente, que existe un mundo externo, que existen verdades objetivas sobre ese mundo, y que mi trabajo es descubrir alguna de ellas» (Sokal y Bricmont, 1998, pág. 249).

⁵ Tanto el artículo como una profundización de las críticas realizadas puede encontrarse en Sokal y Bricmont, 1998. También puede seguirse toda la polémica en la página WEB de Alan Sokal: <<http://www.physics.nyu.edu/faculty/sokal/>>

Ciertamente sería descabellado afirmar que el caso Sokal ha mostrado la completa vaciedad de los estudios CTS, entre otras razones porque, como dijimos al principio, estos estudios no se agotan en las orientaciones relativistas, constructivistas o posmodernas. Ni tampoco son iguales todos los relativistas, constructivistas o posmodernistas. No es lo mismo el relativismo metodológico del Programa Fuerte, que tiene una base realista, que el relativismo ontológico o constructivismo social extremo de algunos filósofos posmodernos, que no la tiene (cfr. Racionero, 2000). No obstante, son bastantes los que creen que Sokal ha conseguido mostrar que, dentro de estas orientaciones, una cierta retórica revestida de un lenguaje oscuro, y un apoyo decidido a determinadas tesis «políticamente correctas», son capaces de ocultar la pobreza de argumentos y el encadenamiento de pifias científicas. Y haber hecho esto no es poco, porque precisamente estas orientaciones burladas por Sokal comenzaban a ejercer otra influencia en el campo de los estudios CTS. Ha sido probablemente saludable que encontraran un contrapeso, tal como lo fue en su momento que lo encontrara el neopositivismo. Quizá de este modo se pueda percibir mejor que los estudios CTS no tienen por qué identificarse con ellas y lo deseable que sería que, como reclama Philip Kitcher (Kitcher 1998), estos estudios hicieran justicia tanto a los aspectos socio-históricos de la ciencia como a los aspectos realistas y racionalistas. Algo similar es lo que aparentemente piensa Sokal cuando comenta:

Las presunciones epistemológicas de los Estudios sobre la Ciencia son una desviación de los asuntos que motivaron en principio los Estudios sobre la Ciencia, a saber: el papel social, económico y político de la ciencia y de la tecnología. [...] Pero los que practican los Estudios sobre la Ciencia no están obligados a persistir en una epistemología equivocada; pueden abandonarla y continuar con la seria tarea de estudiar a la ciencia. Quizá, con la perspectiva de unos cuantos años, las actuales «Guerras de la Ciencia» resultarán haber marcado ese punto de retorno (Sokal, 1998, pág. 18).

James R. Brown destaca también como resultado de la polémica el haber puesto de relieve que las actitudes favorables o críticas frente al conocimiento científico no se corresponden con actitudes políticas de derechas o de izquierdas (cfr. Brown, 2001, págs. 24-28). En todo caso, sea lo que sea lo que Sokal haya probado, su engaño ha tenido la virtud de fomentar una discusión intelectual de gran interés acerca de la objetividad del conocimiento científico y del papel de la ciencia en el conjunto de la cultura; una discusión que, pese a las airadas reacciones iniciales, ha obligado a unos y otros a pulir los argumentos propios y a buscar mejores respuestas para los del contrario. Aunque sólo sea por eso, la parodia —en opinión de quien esto escribe— mereció la pena.

BIBLIOGRAFÍA

- ACHINSTEIN, P. (1971), *Law and Explanation. An Essay in the Philosophy of Science*, Oxford, Clarendon Press.
- (1989), *La naturaleza de la explicación*, Méjico, FCE (1.ª ed. en inglés en 1983).
- AGASSI, J. (1981), *Science and Society*, Dordrecht, Reidel.
- AGAZZI, E. (1996), *El bien, el mal y la ciencia. Las dimensiones éticas de la empresa científico-tecnológica*, Madrid, Tecnos.
- AGUSTI, P. (1999), *Homeopatía*, Madrid, Ediciones Libertarias-Prodhuft.
- ALBERT, H. (1982), «La ciencia y la búsqueda de la verdad», en G. Radnitzky y cols. (eds.), 1982, págs. 182-200.
- ÁLVAREZ, J. R. (1998), «La filosofía de la ciencia "entre" la epistemología y los estudios (socio)culturales», en Martínez Freire (ed.), 1998, págs. 59-79.
- BRONCANO, F. y QUINTANILLA, M. A. (eds.) (1986), *Filosofía e Historia de la Ciencia*, Salamanca, Universidad de Salamanca.
- ANDERSON, E. (2003), «Feminist Epistemology and Philosophy of Science», *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta (ed.), URL = <http://plato.stanford.edu/entries/feminism-epistemology/>
- ARMSTRONG, D. (1983), *What is a Law of Nature?*, Cambridge, Cambridge University Press.
- ARONSON, J. L., HARRE, R. y WAX, E. C. (1995), *Realism Recued. How Scientific Progress is Possible*, Chicago, Open Court.
- ARTIGAS, M. (1999), *Filosofía de la ciencia*, Pamplona, Eunsu.
- AYALA, F. y DOBZHANSKY, T. (eds.) (1983), *Estudios sobre filosofía de la biología*, Barcelona, Ariel.
- AYER, A. J. (1946), *Language, Truth and Logic*, Londres, Gollancz, 2.ª ed.
- (ed.) (1981), *El positivismo lógico*, Madrid, FCE.
- (1987), «Reflections on Language, Truth and Logic», en B. Grower (ed.), *Logical Positivism in Perspective*, Londres, Groom Helm, págs. 23-34.
- (1988), *Hume*, Madrid, Alianza.
- BACON, F. (1963), *Novum Organum*, en *The Works of Francis Bacon*, vol. I, Stuttgart-Bad Cannstatt, Friedrich Frommann Verlag Günter Holzboog.
- BACHELARD, G. (1974), *La formación del espíritu científico*, Buenos Aires, Siglo XXI.

- BACKHOUSE, R. E. (1998), *Explorations in Economic Methodology. From Lakatos to Empirical Philosophy of Science*, Londres, Routledge.
- BAKKER, G. y CLARK, L. (1994), *La explicación. Una introducción a la filosofía de la ciencia*, Madrid, FCE.
- BALZER, W. (1997), *Teorías empíricas: modelos, estructuras y ejemplos*, Madrid, Alianza.
- MOULINES, C. U. y SNEED, J. D. (1987), *An Architectonic for Science. The Structuralist Program*, Dordrecht, Reidel.
- BARBAULT, A. (1981), *Defensa e ilustración de la astrología*, Barcelona, Editorial Iberia.
- BARNES, B. (1974), *Scientific Knowledge and Sociological Theory*, Londres, Routledge.
- (1982), *T. S. Kuhn y las ciencias sociales*, México, FCE.
- (1987), *Sobre ciencia*, Barcelona, Labor.
- y cols. (1980), *Estudios sobre sociología de la ciencia*, Madrid, Alianza.
- y BLOOR, D. (1997), «Relativismo, racionalismo y sociología del conocimiento», en M. I. González, J. A. López Cerezo y J. L. Luján (eds.), 1997, págs. 25-48.
- BARNES, E. (1992), «Explanatory Unification and the Problem of Asymmetry», *Philosophy of Science*, 59, págs. 558-571.
- BEAUCHAMP, T. y ROSENBERG, A. (1981), *Hume and the problem of causation*, Nueva York, Oxford University Press.
- BECHTEL, W. (1988a), *Philosophy of Science: An Overview for Cognitive Science*, Hillsdale, Erlbaum.
- (1988b), *Filosofía de la mente. Una panorámica para la ciencia cognitiva*, Madrid, Tecnos.
- BELNAP, JR. N. D. y STEEL, JR. J. B. (1976), *The Logic of Questions and Answers*, New Haven, Yale University Press.
- BERLIN, I. (1938-1939), «Verification», *Proceedings of the Aristotelian Society*, 39, páginas 225-248.
- BIRD, A. (1998), *Philosophy of Science*, Londres, UCL Press.
- (2000), *Thomas Kuhn*, Chesham, Acumen.
- (2002), «Kuhn's Wrong Turning», *Stud. Hist. Phil. Sci.*, 33, págs. 443-463.
- BHASKAR, R. (1978), *A Realist Theory of Science*, Sussex, Harvester Press.
- BLACK, M. (1966), *Modelos y metáforas*, Madrid, Tecnos.
- BLANCHÉ, R. (1980), *El método experimental y la filosofía de la física*, México, FCE.
- BLOOR, D. (1976-1991), *Knowledge and Social Imaginery*, Chicago, University of Chicago Press, 2.ª ed.
- (1999), «Anti-Latour», *Stud. Hist. Phil. Sci.*, vol. 30, núm. 1, págs. 81-112.
- BOYD, R. (1996-1990), «Realism, Approximate Truth and Philosophical Method», en D. Papineau (ed.), 1996, págs. 215-255.
- GASPER, Ph. y TROUT, J. D. (eds.) (1991), *The Philosophy of Science*, Cambridge, Mass., The MIT Press.
- BOYER, M. (1997), «Realismo, antirrealismo y progreso de la física», *Arbor*, 158, páginas 347-376.
- BRAITHWAITE, R. (1965), *La explicación científica*, Madrid, Tecnos.
- BROMBERGER, S. (1966), «Why-Questions», en R. G. Colodny (ed), *Mind and Cosmos*, Pittsburgh, University of Pittsburgh Press, págs. 86-111.
- BRONCANO, F. (1994), «Verdad y sucedáneos de verdad en la explicación científica», en E. de Bustos y cols. (eds.), 1994, págs. 277-303.
- (1999), «Uno de los nuestros», introducción a P. Feyerabend, *Ambigüedad y armonía*, Barcelona, Paidós, 1999, págs. 9-34.
- BROWN, H. I. (1983), *La nueva filosofía de la ciencia*, Madrid, Tecnos.
- (1987), *Observation and Objectivity*, Nueva York, Oxford University Press.

- BROWN, J. R. (1994), *Smoke and Mirrors*, Londres, Routledge.
- (1998), «El puesto de la "razón" en los estudios sociales de la ciencia», en C. Solís (ed.), 1998, págs. 213-232.
- (2001), *Who Rules in Science*, Cambridge Mass., Harvard University Press.
- (ed.) (1984), *Scientific Rationality: The Sociological Turn*, Dordrecht, Reidel.
- BRUSH, S. G. (1994), «Dynamics of Theory Change: The Role of Predictions», en D. Hull, M. Forbes y R. M. Burian (eds.), *PSA 1994*, vol. 2, East Lansing, Michigan, Philosophy of Science Association, págs. 133-145.
- BUNGE, M. (1982), *Filosofía de la física*, Barcelona, Ariel.
- (1985a), *La investigación científica*, Barcelona, Ariel.
- (1985b), *Teoría y realidad*, Barcelona, Ariel.
- (1985c), *Treatise on Basic Philosophy*, 8 vols., Dordrecht, Reidel.
- (1985d), *Racionalidad y realismo*, Madrid, Alianza.
- (1991), «A Critical Examination of the New Sociology of Science, part 1», *Philosophy of the Social Sciences*, 21, págs. 524-560.
- (1992), «A Critical Examination of the New Sociology of Science, part 2», *Philosophy of the Social Sciences*, 22, págs. 46-76.
- BURTT, E. A. (1960), *Los fundamentos metafísicos de la ciencia moderna*, Buenos Aires, Ed. Sudamericana.
- BUSTOS, E. de y cols. (eds.) (1994), *Perspectivas actuales de lógica y filosofía de la ciencia*, Madrid, Siglo XXI.
- CALLEBAUT, W. (1995), *Taking the Naturalistic Turn, or How Real Philosophy of Science is Done*, Chicago, The University of Chicago Press.
- CAMPBELL, N. R. (1920), *Physics: The Elements*, Cambridge, Cambridge University Press. (Reimpreso como *Foundations of Science*, Nueva York, Dover, 1957.)
- CANEVA, K. L. (2000), «Possible Kuhns in the History of Science: Anomalies of Incommensurable Paradigms», *Stud. Hist. Phil. Sci.*, vol. 31, núm. 1, págs. 87-124.
- CARNAP, R. (1932), «Überwindung der Metaphysik durch logische Analyse der Sprache», *Erkenntnis*, 2, págs. 219-241.
- (1932-1995), *The Unity of Science*, Bristol, Thoemmes Press. (Publicado originalmente en 1932 en *Erkenntnis*, 2, págs. 432-465 bajo el título «Die physikalische Sprache als Universalsprache der Wissenschaft».)
- (1935), «Formalwissenschaft und Realwissenschaft», *Erkenntnis*, 5, págs. 30-37.
- (1936-1937), «Testability and Meaning», *Philosophy of Science*, 3, págs. 419-471 y 4, páginas 1-40.
- (1963), «Replies and Systematic Expositions», en P. A. Schilpp (ed.), *The Philosophy of Rudolf Carnap*, La Salle, Ill., Open Court, págs. 859-1013.
- (1985), *Fundamentación lógica de la física*, Barcelona, Orbis.
- (1988), *La construcción lógica del mundo*, México, UNAM.
- (1992), *Autobiografía intelectual*, Barcelona, Paidós.
- CARRIER, M. (1991), «What is Wrong with the Miracle Argument?», *Stud. Hist. Phil. Sci.*, vol. 22, núm. 1, págs. 23-36.
- CARROLL, J. W. (1994), *Laws of Nature*, Cambridge, Cambridge University Press.
- CARTWRIGHT, N. (1979), «Causal Laws and Effective Strategies», *Noûs*, 13.
- (1983), *How the Laws of Physics Lie*, Oxford, Clarendon Press.
- (1989), *Nature's Capacities and Their Measurement*, Oxford, Oxford University Press.
- (1999), *The Dappled World: A Study of the Boundaries of Science*, Cambridge, Cambridge University Press.
- CASTRODEZA, C. (1998), «Naturalismo biológico», en Martínez Freire (ed.), 1998, páginas 81-94.

- CASTRODEZA, C. (1999), *Razón biológica. La base evolucionista del pensamiento*, Madrid, Minerva.
- (2003), *La marsopa de Heidegger: El lugar de la ciencia en la cultura actual*, Madrid, Dykinson.
- CHALMERS, A. F. (1986), *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?*, Madrid, Siglo XXI.
- (1992), *La ciencia y cómo se elabora*, Madrid, Siglo XXI.
- CHISHOLM, R. M. (1946), «The Contrary-to-Fact Conditional», *Mind*, 55, 289-307.
- CHURCH, A. (1949), «Review of "Language, Truth and Logic" (2.^a ed.)», *Journal of Symbolic Logic*, 14, págs. 52-53.
- CHURCHLAND, P. M. (1979), *Scientific Realism and the Plasticity of Mind*, Cambridge, Cambridge University Press.
- (1985), «The Ontological Status of Observables: In Praise of the Superempirical Virtues», en P. M. Churchland y C. A. Hooker (eds.), 1985, págs. 35-47.
- (1989), *A Neurocomputational Perspective. The Nature of Mind and the Structure of Science*, Cambridge Mass., The MIT Press.
- y HOOKER, C. A. (eds.) (1985), *Images of Science*, Chicago, The University of Chicago Press.
- CHURCHLAND, P. S. (1987), «Epistemology in the age of neuroscience», *J. Phil.*, 84, págs. 544-553.
- CIRERA, R., IBARRA, A. y MORMANN, T. (eds.) (1996), *El programa de Carnap*, Barcelona, Ediciones del Bronce.
- CLARKE, D. M. (1986), *La filosofía de la ciencia de Descartes*, Madrid, Alianza.
- GLENDINNEN, F. J. (1989a), «Evolutionary Explanation and the Justification of Belief», en K. Hahlweg y C. A. Hooker (eds.), *Issues in Evolutionary Epistemology*, Albany, State of New York Press, págs. 458-474.
- (1989b), «Realism and the Underdetermination of Theory», *Synthese*, 81, págs. 63-90.
- COFFA, J. A. (1977), «Probabilities: Reasonable or True?», *Philosophy of Science*, 44, páginas 186-198.
- COHEN, I. B. (1962), «The First English Version of Newton's Hypothesis non Fingo», *Isis*, 173, 379-388.
- (1969), «Hypotheses in Newton's Philosophy», en R. S. Cohen y M. W. Wartofsky (eds.), *Boston Studies in the Philosophy of Science*, vol. V, Dordrecht, Reidel.
- (1983), *La revolución newtoniana y la transformación de las ideas científicas*, Madrid, Alianza.
- (1989), *Revolución en la ciencia*, Barcelona, Gedisa.
- COHEN, M. y NAGEL, E. (1983), *Introducción a la lógica y al método científico*, Buenos Aires, Amorriortu.
- COHEN, R. S., FEYERABEND, P. K. y WARTOFSKY, M. W. (eds.), *Essays in Memory of Imre Lakatos*, Dordrecht, Reidel.
- COHEN, R. S., HILPINEN, R. y RENZONG, Q. (eds.) (1996), *Realism and Anti-realism in the Philosophy of Science*, Dordrecht, Kluwer.
- COLLINS, H. (1981), «Stages in the Empirical Programme of Relativism», *Social Studies of Science*, 11, págs. 3-10.
- COLLINS, H. y PINCH, T. (1993), *The Golem. What Everyone should know about Science*, Cambridge, Cambridge University Press.
- COP, I. M. (1986), *Introducción a la lógica*, Buenos Aires, Eudeba.
- COUVALIS, S. G. (1989), *Feyerabend's Critique of Foundationalism*, Aldershot, Avebury Press.
- CUMMISKEY, D. (1992), «Reference Failure and Scientific Realism: a Response to the Meta-induction», *Brit. J. Phil. Sci.*, 43, págs. 21-40.

- CURD, M. y COVER, J. A. (eds.) (1998), *The Philosophy of Science. The central Issues*, Londres, Norton and Company.
- DA COSTA, N. y FRENCH, S. (2000), «Models, Theories, and Structures: Thirty Years On», *Philosophy of Science*, 67 (proceedings), págs. 116-127.
- DALLA CHIARA, M. L. y TORALDO DI FRANCA, G. (2001), *Confines: Introducción a la filosofía de la ciencia*, Barcelona, Crítica.
- DANCY, J. y SOSA, E. (eds.) (1993), *A Companion to Epistemology*, Oxford, Blackwell.
- DANCHIN, A. (1998), «Sílice, basófilos y comités de lectura», *Mundo Científico*, 193, págs. 59-61.
- DAVIDSON, D. (1985), «On the Very Idea of a Conceptual Scheme», en *Inquiries into Truth and Interpretation*, Oxford: Oxford University Press: 183-98. (Publicado originalmente en 1974.)
- DESCARTES, R. (1995), *Los principios de la filosofía*, Madrid, Alianza.
- DEVITT, M. (1984), *Realism and Truth*, Oxford, Blackwell.
- DÍAZ CORRALES, M. (2001), «Análisis metodológico de la investigación en parapsicología experimental», Universidad de Málaga. (Memoria de licenciatura inédita.)
- DIÉGUEZ, A. (1988a), *La teoría de las ciencias morales en John Stuart Mill*, Málaga, Universidad de Málaga.
- (1988b), «Kart Popper: los aspectos fundamentales de su filosofía de las ciencias sociales», *Philosophica Malacitana*, 1, págs. 21-42.
- (1989), «Conocimiento e hipótesis en la ciencia moderna», *Arbor*, 511, págs. 91-118.
- (1994), «La disputa sobre el realismo en la historia de la astronomía», *Philosophica Malacitana*, 7, págs. 33-49.
- (1996), «Realismo y teoría cuántica», *Contrastes*, 1, págs. 75-105.
- (1998), *Realismo científico. Una introducción al debate actual en la filosofía de la ciencia*, Málaga, Universidad de Málaga.
- (2000), «¿Hubo siempre dos culturas?», *Contrastes*, 5, págs. 43-60.
- (2002), «Realismo y epistemología evolucionista de los mecanismos cognitivos», *Crítica*, vol. 34, núm. 102, págs. 3-28.
- DÍEZ CALZADA, J. A. (1989), «La Revuelta Historicista en Filosofía de la Ciencia», *Arbor*, 134, págs. 69-96.
- y MOULINES, C. U. (1997), *Fundamentos de Filosofía de la Ciencia*, Barcelona, Ariel.
- DILWORTH, C. (1981), *Scientific Progress*, Dordrecht, Kluwer.
- (1995), *The Metaphysics of Science*, Dordrecht, Kluwer.
- DOLBY, R. G. A. (1996), *Uncertain Knowledge*, Cambridge, Cambridge University Press.
- DONOVAN, A., LAUDAN, R. y LAUDAN, L. (eds.) (1988), *Scrutinizing Science*, Dordrecht, Kluwer.
- DOPPELT, G. (1990), «The Naturalistic Conception of Methodological Standards in Science: A Critique», *Philosophy of Science*, 57, págs. 1-19.
- DRETSKE, F. (1977), «Laws of Nature», *Philosophy of Science*, 44, págs. 248-268.
- DUHEM, P. (1989), *La théorie physique. Son objet, sa structure*, reproducción facsímil de la 2.ª ed. de 1914, París, J. Vrin (1.ª ed., 1906).
- DUPRÉ, J. (1993), *The Disorder of Things. Metaphysical Foundations of the Disunity of Science*, Cambridge Mass., Harvard University Press.
- DURÁN, M. A. (2001), *Feyerabend*, Madrid, Ediciones del Orto.
- EARMAN, J. (1993a), «Carnap, Kuhn, and the Philosophy of Scientific Methodology», en P. Horwich (ed.), 1993, págs. 9-36.
- (1993b), «Underdetermination, Realism, and Reason», *Midwest Studies in Philosophy*, 18, págs. 19-38.

- ECHEVERRÍA, J. (1993), «El concepto de ley científica», en C. U. Moulines (ed.), 1993, págs. 57-88.
- (1995), *Filosofía de la ciencia*, Madrid, Akal.
- (1998), «Ciencia y valores: propuestas para una axionomía de la ciencia», en Martínez Freire (ed.), 1998, págs. 175-194.
- (1999), *Introducción a la metodología de la ciencia*, Madrid, Cátedra.
- (2001), «Tecnociencia y sistema de valores», en López Cerezo y Sánchez Ron (eds.), págs. 15-29.
- (2002), *Ciencia y valores*, Barcelona, Destino.
- (2003), *La revolución tecnocientífica*, Madrid, FCE.
- EDELSTON, J. (ed.) (1850), *Correspondence of Sir Isaac Newton and Professor Cotes*, Londres, J. W. Parker.
- EDGE, D. (1995), «Reinventing the Wheel», en Sh. Jasonoff y cols. (eds.), *Handbook of Science and Technology Studies*, Thousand Oaks, California, Sage Publications, págs. 3-23.
- ELLIS, B. (1985), «What Science aims to Do», en P. M. Churchland y C. A. Hooker (eds.), 1985, págs. 48-74.
- ESTANY, A. (1990), *Modelos de cambio científico*, Barcelona, Crítica.
- (1994), *Introducción a la filosofía de la ciencia*, Barcelona, Crítica.
- y CASACUBERTA, D. (2000), *Manual de prácticas de filosofía de la ciencia*, Madrid, Crítica.
- FALGUERA, J. L. (1993), «El enredo de los modelos en los análisis de las ciencias factuales», *Agora*, 12, págs. 171-178.
- (1994), «La naturaleza representacional de los modelos», *Endoxa*, 3, págs. 7-29.
- (1995), «Caracterización estática de las teorías científicas: de Kuhn a la concepción estructuralista», *Arbor*, 150, págs. 15-45.
- FERNÁNDEZ BUEY, F. (1991), *La ilusión del método*, Barcelona, Crítica.
- FERNÁNDEZ MORENO, L. (1998), «¿Es la tesis de la incommensurabilidad incoherente?», en C. Solís (ed.), 1998, págs. 279-291.
- (ed.) (1997), *On Incommensurability*, sección monográfica en *Theoria*, 30, págs. 421-509.
- FERREIRÓS, J. y ORDOÑEZ, J. (2002), «Hacia una filosofía de la experimentación», *Crítica*, vol. 34, núm. 102, págs. 47-86.
- FETZER, J. H. (1993), *Philosophy of Science*, Nueva York, Paragon House.
- FEYERABEND, P. (1962), «Explanation, Reduction and Empiricism», en H. Feigl y G. Maxwell (eds.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. III, Minneapolis, University of Minnesota Press, págs. 28-97. (Reimpreso en Feyerabend, 1981a. Versión castellana: *Límites de la ciencia*, Barcelona, Paidós, 1989.)
- (1972), «Consolations for the Specialist», en Lakatos y Musgrave (eds.), 1972, páginas 197-230.
- (1977), «Changing Patterns of Reconstruction», *Brit. J. Phil. Sci.*, 28, págs. 351-382.
- (1979), *El mito de la ciencia y su papel en la sociedad*, Valencia, Cuadernos Teorema.
- (1981a), *Realism, Rationality and Scientific Method. Philosophical Papers*, vol. I, Cambridge, Cambridge University Press.
- (1981b), *Tratado contra el método*, Madrid, Tecnos. (1.ª ed. en inglés en 1975.)
- (1982), *La ciencia en una sociedad libre*, Madrid, Siglo XXI.
- (1984), *Adiós a la razón*, Madrid, Tecnos.
- (1985), *¿Por qué no Platón?*, Madrid, Tecnos.
- (1989), *Límites de la ciencia. Explicación, reducción y empirismo*, Barcelona, Paidós.
- (1991), *Diálogos sobre el conocimiento*, Madrid, Cátedra.
- (1995), *Matando el tiempo*, Madrid, Debate.

- FEYERABEND, P. (1999), *Ambigüedad y armonía*, Barcelona, Paidós.
- (2001), *La conquista de la abundancia*, Barcelona, Paidós.
- FLECK, L. (1989), *La génesis y el desarrollo de un hecho científico*, Madrid, Alianza.
- FINE, A. (1986), *The Shaky Game: Einstein, Realism and the Quantum Theory*, Chicago, University of Chicago Press.
- FORD, K. M., GLYMOUR, C. y HAYES, P. J. (eds.) (1995), *Android Epistemology*, Cambridge Mass., AAAI Press/The MIT Press.
- FOUREZ, G. (1994), *La construcción del conocimiento científico*, Madrid, Narcea.
- FRAASSEN, B. C. VAN (1980), *The Scientific Image*, Oxford, Clarendon Press.
- (1989), *Laws and Symetry*, Oxford, Clarendon Press.
- FRIEDMAN, M. (1974), «Explanation and Scientific Understanding», *The Journal of Philosophy*, 71, págs. 5-19.
- FULLER, S. (1993), *Philosophy of Science and Its Discontents*, Nueva York, Guildford Press, 2.ª ed.
- (2000), *Thomas Kuhn. A Philosophical History for our Times*, Chicago, The University of Chicago Press.
- (2003), *Kuhn vs. Popper*, Duxford, Cambridge, Icon Books.
- y cols. (eds.) (1989), *The Cognitive Turn. Sociological and Psychological Perspectives on Science*, Dordrecht, Kluwer.
- GALILEO (1981), *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*, Madrid, Editora Nacional.
- (1987), *Carta a Cristina de Lorena*, Madrid, Alianza.
- GÄRDENFORS, P. (1988), *Knowledge in Flux*, Cambridge Mass., The MIT Press.
- GASPER, Ph. (1990), «Explanation and Scientific Realism», en D. Knowles (ed), *Explanation and its Limits*, Cambridge, Cambridge University Press, págs. 285-295.
- GAVROGLU, K., GOUDAROULIS, Y. y NICOLACOPOULOS, P. (eds.) (1989), *Imre Lakatos and Theories of Scientific Change*, Dordrecht, Reidel.
- GEYMONAT, L. (1980), *Ciencia y realismo*, Barcelona, Península.
- GIERE, R. N. (1988), *Explaining Science: A Cognitive Approach*, Chicago, The University of Chicago Press.
- (1991), *Understanding Scientific Reasoning*, Hart Court, Fort Worth, 3.ª ed.
- (1998), «Examinando la ciencia», en Martínez Freire (ed.), 1998, págs. 15-36.
- (1999), *Science without Laws*, Chicago, The University of Chicago Press.
- (ed.) (1992), *Cognitive Models of Science*, Minneapolis, University of Minnesota Press.
- y RICHARDSON, A. (eds.) (1996), *Origins of Logical Empiricism, Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. XVI, Minneapolis, MN, University of Minnesota Press.
- GILLIES, D. (1996), *Artificial Intelligence and Scientific Method*, Oxford, Oxford University Press.
- GLYMOUR, C. (1980), *Theory and Evidence*, Princeton, Princeton University Press.
- GOLDMAN, A. I. (1967), «A Causal Theory of Knowing», *Journal of Philosophy*, 64, páginas 355-372. Reimpreso en Goldman (1992), cap. 4.
- (1986), *Epistemology and Cognition*, Cambridge Mass., Harvard University Press.
- (1992), *Liaisons. Philosophy Meets the Cognitive and Social Sciences*, Cambridge Mass., The MIT Press.
- (ed.) (1993), *Readings in Philosophy and Cognitive Science*, Cambridge Mass., The MIT Press.
- GÓMEZ RODRÍGUEZ, A. (2003), *Filosofía y metodología de las ciencias sociales*, Madrid, Alianza.
- GONZÁLEZ, M. I., LÓPEZ CEREZO, J. A. y LUJÁN, J. L. (1996), *Ciencia, tecnología y sociedad. Una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*, Madrid, Tecnos.

- GONZÁLEZ, W. J. (1993), «El realismo y sus variedades: El debate actual sobre las bases filosóficas de la ciencia», en A. Carreras (ed.), *Conocimiento, ciencia y realidad*, Zaragoza, Mira, págs. 11-58.
- (1996), «Towards a New Framework for Revolutions in Science», *Stud. Hist. Phil. Sci.*, 27 (4), págs. 607-625.
- (1998), «El naturalismo normativo como propuesta epistemológica y metodológica. La segunda etapa del pensamiento de Laudan», en González (ed.), 1998, págs. 7-57.
- (ed.) (1990), *Aspectos metodológicos de la investigación científica*, Madrid, Universidad Autónoma.
- (ed.) (1997), *Progreso científico e innovación tecnológica*, número monográfico de *Arbor*, vol. 157, núm. 625.
- (ed.) (1998), *El pensamiento de L. Laudan*, La Coruña, Universidade da Coruña.
- (ed.) (2001a), *La filosofía de Imre Lakatos: Evaluación de sus propuestas*, Madrid, UNED.
- (ed.) (2001b), *Lakatos's Philosophy Today*, Sección monográfica en *Theoria*, 16, páginas 409-518.
- (ed.) (2002), *Diversidad de la explicación científica*, Barcelona, Ariel.
- GOODMAN, N. D. (1947), «The Problem of Counterfactual Conditionals», *The Journal of Philosophy*, 44, págs. 113-128.
- (1954), *Fact, Fiction and Forecast*, Londres, The Atholone Press.
- GORMAN, M. E. (1992), *Simulating Science*, Bloomington, Indiana University Press.
- GROSS, P. R. (1998), «Bashful Eggs, Macho Sperm, and Tonypandy», en N. Koertge (ed.), 1998, págs. 59-70.
- y LEVITT, N. (1994), *Higher Superstition. The Academic Left and Its Quarrels with Science*, Baltimore, Johns Hopkins.
- GRÜNBAUM, A. (1976a), «Is the Method of Bold Conjectures and Attempted Refutations Justifiably the Method of Science», *Brit. J. Phil. Sci.*, 27, págs. 105-136.
- (1976b), «Can a Theory Answer More Questions than One of its Rivals», *Brit. J. Phil. Sci.*, 27, págs. 1-23.
- (1984), *The Foundations of Psychoanalysis: A Philosophical Critique*, Berkeley L. A., University of California Press.
- (1989), «The Degeneration of Popper's Theory of Demarcation», en F. D'Agostino e I. C. Jarvie (eds.), *Freedom and Rationality: Essays in Honor of John Watkins*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, págs. 141-161.
- HAACK, S. (1987), «Realism», *Synthese*, 73, págs. 275-299.
- (1998), *Manifiesto of a Passionate Moderate*, Chicago, The University of Chicago Press.
- HABERMAS, J. (1984), *Ciencia y técnica como ideología*, Madrid, Tecnos.
- HACKING, I. (1993), «Working in a New World: The Taxonomic Solution», en P. Horwich (ed.), 1993, págs. 275-310.
- (1996), *Representar e intervenir*, Barcelona, Paidós.
- (1999), *The Social Construction of What?*, Cambridge Mass., Harvard University Press.
- (ed.) (1985), *Revoluciones científicas*, México, FCE.
- HADDOCK, A. (2004), «Rethinking the "Strong Programme" in the Sociology of Knowledge», *Stud. Hist. Phil. Sci.*, 35, págs. 19-40.
- HAHN, H., NEURATH, O. y CARNAP, R. (1929-1973), «Wissenschaftliche Weltauffassung: Der Wiener Kreis», en M. Neurath y R. S. Cohen (eds.), 1973, *Otto Neurath. Empiricism and Sociology*, Dordrecht, Reidel, págs. 299-318.
- HALL, R. J. (1982), «¿Se puede utilizar la historia de la ciencia para decidir entre metodologías rivales?», en Lakatos, 1982, págs. 107-119.

- HALPERN, D. F. (2000), *Sex Differences in Cognitive Abilities*, Mahwah N. J., Lawrence Erlbaum Associates.
- HALPIN, J. F. (2003), «Scientific Law: A Perspectival Approach», *Erkenntnis*, 58, páginas 137-168.
- HANSON, N. R. (1970), «Hypotheses Fingo», en R. E. Butts y J. W. Davies (eds), *The Methodological Heritage of Newton*, Oxford, Blackwell.
- (1985), *Patrones de descubrimiento. Observación y explicación*, Madrid, Alianza (1.ª ed. en inglés en 1958).
- HARDIN, C. L. y ROSENBERG, A. (1982), «In Defense of Convergent Realism», *Philosophy of Science*, 49, págs. 604-615.
- HARDING, S. (1991), *Whose Science? Whose Knowledge?*, Ithaca, Cornell University Press.
- (1996), *Ciencia y feminismo*, Madrid, Morata.
- HARRÉ, R. (1986), *Varieties of Realism*, Oxford, Blackwell.
- (1993), *Laws of Nature*, Londres, Duckworth.
- HARTMAN, S. (1995), «Models as a Tool for Theory Construction: Some Strategies of Preliminary Physics», en W. E. Herfel y cols. (eds.), *Theories and Models in Scientific Processes*, Amsterdam, Rodopi, págs. 49-67.
- HEGSELMANN, R. (1996), «La concepción científica del mundo, el Círculo de Viena: Un balance», en Cirera, Ibarra y Mormann (eds.), 1996, págs. 111-148.
- HEISENBERG, W. (1986), *La imagen de la naturaleza en la física actual*, Barcelona, Orbis.
- HEMPEL, C. G. (1959), «The Empiricist Criterion of Meaning», en A. J. Ayer (ed.), *Logical Positivism*, Londres, Allen y Unwin, págs. 108-129. (Trad. al castellano en Ayer (ed.), 1981.)
- (1976), *Filosofía de la ciencia natural*, Madrid, Alianza (1.ª ed. en inglés en 1966).
- (1979), *La explicación científica. Estudios sobre la filosofía de la ciencia*, Buenos Aires, Paidós (1.ª ed. en inglés en 1965).
- (1988), *Fundamentos de la formación de conceptos en la ciencia empírica*, Madrid, Alianza.
- HEMPEL, C. G. y OPPENHEIM, P. (1948), «Studies in the Logic of Explanation», *Philosophy of Science*, 15, págs. 135-178. (Reproducido con añadidos en Hempel, 1965-1979.)
- HERSCHEL, J. F. W. (1966), *A Preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy*, Nueva York, Londres, Johnson Reprint Corp.
- HESSE, M. (1966), *Models and Analogies in Science*, Notre Dame, University of Notre Dame Press.
- (1974), *The Structure of Scientific Inference*, Basinstoke, Macmillan.
- (1980), *Revolutions and Reconstructions in the Philosophy of Science*, Bloomington IN, Indiana University Press.
- HOEFER, C. y ROSENBERG, A. (1994), «Empirical Equivalence, Underdetermination, and Systems of the World», *Philosophy of Science*, 61, págs. 592-607.
- HOLLAND, J. H., HOLYOAK, K. J., NISBETT, R. E. y THAGARD, P. R. (1986), *Induction. Processes of Inference, Learning, and Discovery*, Cambridge Mass., The MIT Press.
- HOLTON, G. (1993), *Science and Anti-Science*, Cambridge Mass., Harvard University Press.
- HOOKE, C. (1987), *A Realistic Theory of Science*, Albany, State University of New York Press.
- HORWICH, P. (ed.) (1993), *World Changes. Thomas Kuhn and the Nature of Science*, Cambridge Mass., The MIT Press.
- HOTTOIS, G. (1991), *El paradigma bioético. Una ética para la tecnociencia*, Barcelona, Anthropos.

- HOWSON, C. y URBACH, P. (1989), *Scientific Reasoning: The Bayesian Approach*, La Salle, Open Court.
- HOYNINGEN-HUENE, P. (1993), *Reconstructing Scientific Revolutions. Thomas S. Kuhn's Philosophy of Science*, Chicago, University of Chicago Press.
- y SANKEY, H. (eds.) (2001), *Incommensurability and Related Matters*, Dordrecht, Kluwer.
- HULL, D. L. (1988), *Science as a Process*, Chicago, The University of Chicago Press.
- HULL, L. W. H. (1984), *Historia y filosofía de la ciencia*, Barcelona, Ariel.
- IBARRA, A. y MORMANN, T. (eds.) (1977), *Representations of Scientific Rationality. Formal Philosophy of Science in Spain*, Amsterdam, Rodopi.
- (2000), *Variedades de la representación en la ciencia y la filosofía*, Barcelona, Ariel.
- IDHE, D. (1993), *Postphenomenology. Essays in the Postmodern Context*, Evanston Ill., Northwestern University Press.
- IRANZO, J. M. y BLANCO, J. R. (1999), *Sociología del conocimiento científico*, Madrid, CIS.
- IRANZO, V. (2001), «Bad Lots, Good Explanations», *Crítica*, vol. 33, núm. 98, páginas 71-96.
- IRZIK, G. y GRÜNBERG, T. (1995), «Carnap and Kuhn: Arch Enemies or Close Allies?», *Brit. J. Phil. Sci.*, 46, págs. 285-307.
- JEFFREY, R. C. (1969), «Statistical Explanation vs. Statistical Inference», en N. Rescher (ed.), *Essays in Honor of C. G. Hempel*, Dordrecht, Reidel. (Reimpreso en W. C. Salmon y cols., 1971, págs. 19-28.)
- KELLER, E. F. (1985), *Reflections on Gender and Science*, New Haven, Yale University Press. (Vers. cast.: *Reflexiones sobre género y ciencia*, Valencia, Edicions Alfons el Magnànim, 1991.)
- (1995), *Refiguring Life*, Nueva York, Columbia University Press.
- y LONGINO, H. (eds.) (1996), *Feminism and Science*, Oxford, Oxford University Press.
- KIMURA, D. (2000), *Sex and Cognition*, Cambridge Mass., The MIT Press.
- KITCHER, P. (1976), «Explanation, Conjunction and Unification», *The Journal of Philosophy*, 73, págs. 286-291.
- (1981), «Explanatory Unification», *Philosophy of Science*, 48, págs. 507-531. Reimpreso en Boyd, Gasper y Trout (eds.), 1991, págs. 329-347.
- (1983), «Implications of Incommensurability», en P. D. Asquith y T. Nickles (eds.), *PSA 1982, vol. 2*, East Lansing, Michigan, Philosophy of Science Association, págs. 669-688.
- (1989), «Explanatory Unification and the Causal Structure of the World», en Kitcher y Salmon, 1989, págs. 410-505.
- (1993), *The Advancement of Science. Science without Legend, Objectivity without Illusion*, Oxford, Oxford University Press.
- (1998), «A Plea for Science Studies», en N. Koertge (ed.), 1998, págs. 32-56.
- y SALMON, W. C. (1989), *Scientific Explanation*, Minneapolis, University of Minnesota Press.
- KLEE, R. (1997), *Introduction to the Philosophy of Science. Cutting Nature at Its Seams*, Nueva York, Oxford University Press.
- KNORR-CETINA, K. (1981), *The Manufacture of Knowledge*, Oxford, Pergamon Press.
- KOERTGE, N. (ed.) (1998), *A House Built on Sand*, Oxford, Oxford University Press.
- KOHN, A. (1988), *Falsos profetas. Fraudes y errores en la ciencia*, Madrid, Pirámide.
- KORDIG, C. R. (1971), *The Justification of Scientific Change*, Dordrecht, Reidel.
- KORNBLITH, H. (ed.) (1985), *Naturalizing Epistemology*, Cambridge Mass., The MIT Press.

- KRAFT, V. (1966), *El Círculo de Viena*, Madrid, Taurus.
- KUHN, T. S. (1970), *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago, The University of Chicago Press, 2.^a ed. (Vers. cast.: *La estructura de las revoluciones científicas*, Madrid, FCE, 1971.)
- (1971), «Notes on Lakatos», en R. C. Buck y R. S. Cohen (eds.), *PSA 1970. In Memory of Rudolf Carnap*, Dordrecht, Reidel. (Vers. cast.: en Lakatos, 1982.)
- (1972a), «Logic of Discovery or Psychology of Research?», en Lakatos y Musgrave (eds.), 1972, págs. 1-20.
- (1972b), «Reflections on my Critics», en Lakatos y Musgrave (eds.), 1972, págs. 231-278.
- (1976), «Theory Change as Structure Change: Comments on the Sneed Formalism», *Erkenntnis*, 10, págs. 179-199.
- (1979), *La función del dogma en la investigación científica*, Valencia, Cuadernos Teorema.
- (1982), *La tensión esencial*, Madrid, FCE (1.^a ed. en inglés en 1977).
- (1983), «Commensurability, Comparability, Communicability», en P. D. Asquith y T. Nickles (eds.), *PSA 1982, vol. 2*, East Lansing, Michigan, Philosophy of Science Association, págs. 669-688. (Vers. cast.: en Kuhn, 1989 y 2002.)
- (1989), *¿Qué son las revoluciones científicas? y otros ensayos*, Barcelona, Paidós. (Estos ensayos aparecen todos recogidos en Kuhn, 2002.)
- (1991), «The Road since Structure», en A. Fine, M. Forbes y L. Wessels (eds.), *PSA 1990, vol. 2*, East Lansing, Michigan, Philosophy of Science Association, págs. 3-13. (Vers. cast.: en Kuhn, 2002.)
- (1993), «Afterwords», en P. Horwich (ed.), 1993, págs. 311-341.
- (2002), *El camino desde la estructura*, Barcelona, Paidós (1.^a ed. en inglés en 2000).
- KUIPERS, T. (ed.) (1987), *What is Closer-to-the-truth?*, Amsterdam, Rodopi.
- KUKLA, A. (1998), *Studies in Scientific Realism*, Nueva York, Oxford University Press.
- KYLE STANFORD, P. (2001), «Refusing the Devil's Bargain. What Kind of Underdetermination Should We Take Seriously?», *Philosophy of Science*, 68, S1-S12.
- LADYMAN, J. (2002), *Understanding Philosophy of Science*, Londres, Routledge.
- DOUVEN, I., HORSTEN, L. y VAN FRAASSEN, B. (1997), «A Defense of van Fraassen's Critique of Abductive Inference: Reply to Psillos», *The Philosophical Quarterly*, vol. 47, núm. 188, págs. 305-321.
- LAKATOS, I. (1968), «Changes in the Problem of Inductive Logic», en Lakatos (ed.), *The Problem of Inductive Logic*, Amsterdam, North Holland, págs. 315-417. (Versión castellana: como capítulo 8 en Lakatos 1987.)
- (1982), *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*, Madrid, Tecnos. (Publicado originalmente en R. C. Buck y R. S. Cohen (eds.), *In Memory of Rudolf Carnap*, P. S. A. 1970, Dordrecht, Reidel, 1971.)
- (1983), *La metodología de los programas de investigación científica*, Madrid, Alianza. (Versión original: *The Methodology of Scientific Research Programmes, Philosophical Papers, vol. 1*, Cambridge, Cambridge University Press, 1978.)
- (1986), *Pruebas y refutaciones*, Madrid, Alianza. (Versión original: *Proofs and Refutations*, Cambridge, Cambridge University Press, 1976.)
- (1987), *Matemáticas, ciencia y epistemología*, Madrid, Alianza. (Versión original: *Mathematics, Science, and Epistemology, Philosophical Papers, vol. 2*, Cambridge, Cambridge University Press, 1978.)
- (1999), «Lectures on Scientific Method», en M. Motterlini (ed.), 1999, págs. 19-112.
- y MUSGRAVE, A. (eds.) (1972), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge, Cambridge University Press, 1.^a ed. 1970. (Vers. cast.: *La crítica y el desarrollo del conocimiento*, Barcelona, Grijalbo, 1975).

- LALANDE, A. (1944), *Las teorías de la inducción y de la experimentación*, Buenos Aires, Losada.
- LAMO DE ESPINOSA, E., GONZÁLEZ, J. M. y TORRES, C. (1994), *La sociología del conocimiento y de la ciencia*, Madrid, Alianza.
- LANGLEY, P., SIMON, H. A., BRADSHAW, G. L. y ZYTKOW, J. M. (1987), *Scientific Discovery: Computational Explorations of the Creative Process*, Cambridge Mass., The MIT Press.
- LARVOR, B. (2003), «Why did Kuhn's *Structure of Scientific Revolutions* Cause a Fuss?», *Stud. Hist. Phil. Sci.*, 34, págs. 369-390.
- LATOUR, B. (1992), *Ciencia en acción*, Barcelona, Labor.
- (1993), *Nunca hemos sido modernos*, Madrid, Debate.
- y WOOLGAR, S. (1986), *Laboratory Life. The Construction of Scientific Fact*, Princeton N. J., Princeton University Press, 1.ª ed., 1979. (Vers. cast.: *Vida en el laboratorio*, Madrid, Alianza, 1995.)
- LAUDAN, L. (1977), *Progress and Its Problems*, Berkeley, University of California Press. (Vers. cast.: *El progreso y sus problemas*, Madrid, Encuentro, 1986.)
- (1981a), *Science and Hypothesis*, Dordrecht, Reidel.
- (1981b), «A Confutation of Convergent Realism», *Philosophy of Science*, 48, páginas 19-48. (Reimpreso en Papineau (ed.), 1996, págs. 107-138.)
- (1984), *Science and Values*, Berkeley, University of California Press.
- (1986), «Some Problems Facing Intuitionist Meta-methodologies», *Synthese*, 67, págs. 115-129.
- (1987), «Progress or Rationality? The Prospects for Normative Naturalism», *American Philosophical Quarterly*, 24, págs. 19-31.
- (1990a), *Science and Relativism*, Chicago, The University of Chicago Press. (Versión castellana: *Ciencia y relativismo*, Madrid, Alianza, 1993.)
- (1990b), «The History of Science and the Philosophy of Science», en R. C. Olby y cols., *Companion to the History of Science*, Londres, Routledge, págs. 47-59.
- (1996), *Beyond Positivism and Relativism*, Oxford, Westview Press.
- (1998), «Una teoría de la evaluación comparativa de las teorías científicas», en W. González (ed.), 1998, págs. 155-167.
- DONOVAN, A., LAUDAN, R., BARKER, P., BROWN, H., LEPLIN, J., THAGARD, P. y WYKSTRA, S. (1986), «Scientific Change: Philosophical Models and Historical Research», *Synthese*, 69, págs. 141-223.
- y LEPLIN, J. (1991), «Empirical Equivalence and Underdetermination», *The Journal of Philosophy*, vol. 88, núm. 9, págs. 449-472. (Reimpreso en Laudan, 1996.)
- LEPLIN, J. (1980), «The Role of Models in Theory Construction», en T. Nickles (ed.), *Scientific Discovery, Logic, and Rationality*, Dordrecht, Reidel, págs. 267-284.
- (1997a), *A Novel Defense of Scientific Realism*, New Cork, Oxford University Press.
- (1997b), «The Underdetermination of Total Theories», *Erkenntnis*, 47, páginas 203-215.
- (ed.) (1984), *Scientific Realism*, Berkeley, University of California Press.
- LEVIN, M. (1984), «What Kind of Explanation is Truth?», en J. Leplin (ed.), 1984, páginas 124-139.
- LEWIS, D. (1973), *Counterfactuals*, Oxford, Blackwell.
- LIPTON, P. (1991), *Inference to the Best Explanation*, Londres, Routledge.
- (1996), «Is the Best Good Enough?», en D. Papineau (ed.), 1996, págs. 93-106. (Publicado originalmente en 1993 en *Proceedings of the Aristotelian Society*.)
- LONGINO, H. (1987), «Can There be a Feminist Science?», *Hypatia*, 2, págs. 51-64.
- (1990), *Science as Social Knowledge*, Princeton N. J., Princeton University Press.

- LOPEZ CEREZO, J. A. (1988), «Filosofía crítica de la ciencia», *Anthropos*, 82-83, págs. 42-50.
- SANMARTIN, J. y GONZÁLEZ, M. I. (1994), «Filosofía actual de la ciencia», *Diálogo filosófico*, 29, págs. 164-208.
- y SÁNCHEZ RON, M. (eds.) (2001), *Ciencia, tecnología, sociedad y cultura en el cambio de siglo*, Madrid, Biblioteca Nueva.
- LOSEE, J. (1985), *Introducción histórica a la filosofía de la ciencia*, Madrid, Alianza.
- (1989), *Filosofía de la ciencia e investigación histórica*, Madrid, Alianza.
- MACH, E. (s. f.), *Desarrollo histórico-crítico de la mecánica*, Buenos Aires, Espasa-Calpe (1.ª ed. en alemán en 1883).
- (1906), *Erkenntnis und Irrtum*, Leipzig, J. A. Barth, 2.ª ed. (1.ª ed. en 1905).
- (1986), *Popular Scientific Lectures*, trad. al inglés de Th. J. McCormack, La Salle Ill., Open Court (1.ª ed. en alemán en 1894).
- (1987), *Análisis de las sensaciones*, Barcelona, Alta Fulla (1.ª ed. en alemán en 1886).
- MACHAMER, P. y SILBERSTEIN, M. (eds.) (2002), *The Blackwell Guide to the Philosophy of Science*, Malden Mass., Blackwell.
- MACKIE, J. L. (1974), *The Cement of the Universe. A Study of Causation*, Oxford, Oxford University Press.
- MARCOS, A. (2000), *Hacia una Filosofía de la Ciencia amplia*, Madrid, Tecnos.
- MARTIN, E. (1991), «The Egg and the Sperm: How Science has Constructed a Romance Base on Stereotypical Male-Female Roles», *Signs: Journal of Women in Culture and Society*, vol. 16, núm. 3. (Reimpreso en E. F. Keller y H. E. Longino (eds.), 1996, págs. 103-117.)
- MARTÍNEZ, S. F. (1997), *De los efectos a las causas. Sobre la historia de los patrones de explicación científica*, México, Paidós.
- MARTÍNEZ FREIRE, P. (1978), *Filosofía de la ciencia empírica. Un estudio a través de Whewell*, Madrid, Paraninfo.
- (1982), «Una aproximación a la teoría de la ciencia de Feyerabend», *Revista de Filosofía*, 5, págs. 55-62.
- (1990), «Ciencia y sociedad», *Philosophica Malacitana*, 3, págs. 165-175.
- (1995), «El impacto de las ciencias cognitivas en la filosofía del conocimiento», en P. Martínez Freire (ed.), *Filosofía y ciencias cognitivas*, suplemento núm. 3 de *Philosophica Malacitana*, Málaga, Universidad de Málaga.
- (1997), «El giro cognitivo en filosofía de la ciencia», *Revista de Filosofía*, 17, págs. 105-122.
- (ed.) (1998), *Filosofía actual de la ciencia*, Málaga, Universidad de Málaga, Suplemento número 3 de *Contrastes*.
- MASTERMAN, M. (1972), «The Nature of a Paradigm», en Lakatos y Musgrave (eds.), 1972, págs. 59-89.
- MAXWELL, G. (1962), «The Ontological Status of Theoretical Entities», en H. Feigl y G. Maxwell (eds.), *Explanation, Space and Time. Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. 3, Minneapolis, University of Minnesota Press.
- MCALLISTER, J. W. (1993), «Scientific Realism and the Criteria for Theory-Choice», en *Erkenntnis*, 38, págs. 203-222.
- McMULLIN, E. (1979), «Discussion Review: Laudan's *Progress and Its Problems*», *Philosophy of Science*, 46, págs. 623-644.
- (1984), «A Case of Scientific Realism», en J. Leplin (ed.), *Scientific Realism*, Berkeley, University of California Press, págs. 8-40.
- MEDINA, E. (1989), *Conocimiento y sociología de la ciencia*, Madrid, Siglo XXI.
- MELLOR, D. H. (1976), «Probable Explanation», *Australasian Journal of Philosophy*, 54, páginas 231-241.

- MERTON, R. K. (1942-1977), «La estructura normativa de la ciencia», en R. K. Merton, *La sociología de la ciencia*, vol. 2, Madrid, Alianza, págs. 355-368.
- (1942-1980), «Los imperativos institucionales de la ciencia», en Barnes y cols. (1980, págs. 64-78).
- (1952-1977), «La preterición de la sociología de la ciencia», en R. K. Merton, *La sociología de la ciencia*, vol. 1, Madrid, Alianza, págs. 288-300.
- MILL, J. S. (1973), *A System of Logic: Ratiocinative and Inductive*, en J. M. Robson (ed.), *Collected Works of John Stuart Mill*, vols. VII y VIII, Toronto, University of Toronto Press, Londres, Routledge and Kegan Paul (1.^a ed. en 1843).
- (1984), *Sobre la libertad*, Madrid, Alianza.
- MILLET, A. (1998), «Recetas artesanales para una industria ligera», *Mundo Científico*, 193, págs. 50-52.
- MILLER, R. W. (1987), *Fact and Method*, Princeton N. J., Princeton University Press.
- MILLIKAN, R. G. (1985), *Language, Thought, and other Biological Categories*, Cambridge Mass., The MIT Press.
- MINNAMEIER, G. (2004), «Peirce-suit of Truth. Why Inference to the Best Explanation and Abduction Ought not to be Confused», *Erkenntnis*, 60, págs. 75-105.
- MOSTERÍN, J. (1984), *Conceptos y teorías en la ciencia*, Madrid, Alianza.
- y TORRETTI, R. (2003), *Diccionario de lógica y filosofía de la ciencia*, Madrid, Alianza.
- MOTTERLINI, M. (ed.) (1999), *For and Against Method. Imre Lakatos and Paul Feyerabend*, Chicago, The University of Chicago Press.
- MOULINES, U. (1982), *Exploraciones metacientíficas*, Madrid, Alianza.
- (1991), *Pluralidad y recursión. Estudios epistemológicos*, Madrid, Alianza.
- (ed.) (1993), *La ciencia: estructura y desarrollo*, Madrid, Trotta.
- MOYA, E. (1998), *Crítica de la razón tecnocientífica*, Madrid, Biblioteca Nueva.
- (2001), *Conocimiento y verdad. La epistemología crítica de K. R. Popper*, Madrid, Biblioteca Nueva.
- MUSGRAVE, A. (1978), *Los segundos pensamientos de Kuhn*, Valencia, Teorema.
- (1979), «Problems with Progress», *Synthese*, 42, págs. 443-464.
- (1985), «Realism Versus Constructive Empiricism», en P. M. Churchland y C. Hooker (eds.), 1985, págs. 197-221.
- (1988), «The Ultimate Argument for Scientific Realism», en R. Nola (ed.), 1988, páginas 229-252.
- (1993), *Common Sense, Science, and Scepticism*, Cambridge, Cambridge University Press.
- MYNATT, C. R., DOHERTY, M. E. y TWENEY, R. D. (1978), «Consequences of Confirmation and Disconfirmation in a Simulated Research Environment», *Q. J. Exp. Psych.*, 30, páginas 395-406.
- NAGEL, E. (1961), *The Structure of Science*, Londres, Routledge y Kegan Paul. (Versión castellana: *La estructura de la ciencia*, Barcelona, Paidós, 1981.)
- NELSON, L. H. (1990), *Who Knows: From Quine to a Feminist Empiricism*, Filadelfia, Temple University Press.
- y NELSON, J. (eds.) (1996), *Feminism, Science, and the Philosophy of Science*, Dordrecht, Kluwer.
- NEWTON, I. (1977), *Óptica*, Madrid, Alfaguara.
- (1987), *Principios matemáticos de la Filosofía natural*, 2 vols., Madrid, Alianza.
- NEWTON-SMITH, W. H. (1987), *La racionalidad de la ciencia*, Barcelona, Paidós.
- (2000), «Underdetermination of Theory by Data», en W. H. Newton-Smith (ed.), 2000, páginas 532-536.
- (ed.) (2000), *A Companion to the Philosophy of Science*, Oxford, Blackwell.

- NICKLES, Th. (1989), «Integrating the Science Studies Disciplines», en Fuller y cols. (eds.), 1989, págs. 225-256.
- (ed.) (1980), *Scientific Discovery, Logic, and Rationality*, Dordrecht, Reidel.
- (ed.) (2003), *Thomas Kuhn*, Cambridge, Cambridge University Press.
- NINILUOTO, I. (1984), *Is Science Progressive?*, Dordrecht, Reidel.
- (1987a), *Truthlikeness*, Dordrecht, Reidel.
- (1987b), «Progress, Realism, and Verisimilitude», en P. Weingartner y G. Schurz (eds.), *Logic, Philosophy of Science and Epistemology. Proceedings of the 11th International Wittgenstein Symposium*, Wien, Hölder-Pichler-Tempsky.
- (1991), «Realism, Relativism and Constructivism», *Synthese*, 89, págs. 135-162.
- (1997), «Ciencia frente a tecnología ¿Diferencia o identidad?», *Arbor*, 620, páginas 285-299.
- (1998a), «Verisimilitude: The Third Period», *Brit. J. Phil. Sci.*, 49, págs. 1-29.
- (1998b), «Escepticismo, falibilismo y verosimilitud», en Martínez Freire (ed.), 1998, págs. 195-222.
- (1999), *Critical Scientific Realism*, Oxford, Oxford University Press.
- NOLA, R. (1980), «Paradigms Lost or the World Regained. An Excursion into Realism and Idealism in Science», *Synthese*, 45, págs. 317-350.
- (ed.) (1988), *Relativism and Realism in Science*, Dordrecht, Kluwer.
- y SANKEY, H. (eds.) (2000), *After Popper, Kuhn and Feyerabend*, Dordrecht, Kluwer.
- NORRIS, Ch. (1997), *Against Relativism*, Oxford, Blackwell.
- OBERHEIM, E. y HOYNINGEN-HUENE, P. (1997), «Incommensurability, Realism and Meta-incommensurability», *Theoria*, vol. 12, núm. 3, págs. 447-465.
- ODDIE, G. (1986), *Likeness to Truth*, Dordrecht, Reidel.
- O'HEAR, A. (1992), *Karl Popper*, Londres, Routledge.
- OKASHA, S. (2000), «Van Fraassen's Critique of Inference to the Best Explanation», *Stud. Hist. Phil. Scie.*, vol. 31, núm. 4, págs. 691-710.
- OLDERSHAW, R. L. (1988), «The New Physics. Physical or Mathematical Science?», *American Journal of Physics*, 56, pág. 1.075.
- OLDROYD, D. (1993), *El arco del conocimiento*, Barcelona, Crítica.
- OLIVÉ, L. (1988), *Conocimiento, sociedad y realidad*, México, FCE.
- PALMQVIST, P. y cols. (1999), «Pleistoceno inferior. Perros salvajes», *Investigación y ciencia*, abril, pág. 41.
- PAPINEAU, D. (1988), *Reality and Representation*, Oxford, Blackwell.
- (1989), «Has Popper Been a Good Thing?», en K. Gavroglu y cols. (eds.), 1989, págs. 431-440.
- (ed.) (1996), *The Philosophy of Science*, Oxford, Oxford University Press.
- PARDO, C. G. (2001), *La formación intelectual de Thomas S. Kuhn*, Pamplona, Eunsá.
- PARK, R. L. (2001), *Ciencia o vudú. De la ingenuidad al fraude científico*, Barcelona, Grijalbo.
- PAVITT, K. (1997), «Los objetivos de la política tecnológica», en M. I. González, J. A. López Cerezo y J. L. Luján (eds.), *Ciencia, tecnología y sociedad*, Barcelona, Ariel, páginas 191-204.
- PEARCE, D. (1987), *Roads to Commensurability*, Dordrecht, Reidel.
- PEARCE WILLIAMS, L. (1975), «Should Philosophers be Allowed to Write History», *Brit. J. Phil. Sci.*, 26, págs. 241-253.
- PÉREZ DE LABORDA, A. (1989), *La ciencia contemporánea y sus implicaciones filosóficas*, Madrid, Cincel.
- PÉREZ RANSANZ, M. R. (1993), «Modelos de cambio científico», en C. U. Moulines (ed.), 1993, págs. 181-202.

- PÉREZ RANSANZ, M. R. (1998), «El cambio de mundos y el realismo», en C. Solís (ed.), 1998, págs. 259-277.
- (1999), *Kuhn y el cambio científico*, México, FCE.
- PÉREZ SEDEÑO, E. (1998), «Factores contextuales, tecnología y valores: ¿desde la periferia?», en Martínez Freire (ed.), 1998, págs. 119-142.
- (2001), «La perspectiva de género en ciencia y tecnología: innovación y nueva caracterización de las disciplinas», en López Cerezo y Sánchez Ron (eds.), 2001, páginas 293-296.
- y ALCALÁ CORTIJO, P. (eds.), *Ciencia y género*, Madrid, Universidad Complutense.
- PICKERING, A. (1995), *The Mangle of Practice. Time, Agency, and Science*, Chicago, University of Chicago Press.
- PINKER, S. (2002), *The Blank Slate*, Londres, Penguin.
- POINCARÉ, H. (1968), *La Science et L'Hypothèse*, París, Flammarion.
- POLANYI, M. (1983), *Personal Knowledge*, Londres, Routledge y K. Paul.
- POPPER, K. (1962), *La lógica de la investigación científica*, Madrid, Tecnos (1.ª ed. en alemán en 1934).
- (1963), «The Demarcation between Science and Metaphysics», en P. A. Schilpp (ed.), 1963, págs. 183-226. (Reimpreso en Popper, 2002.)
- (1972), «Normal Science and Its Dangers», en I. Lakatos y A. Musgrave (eds.), 1972, págs. 49-58.
- (1974), «Replies to my Critics», en P. A. Schilpp (ed.), 1974, págs. 959-1197.
- (1975), «The Rationality of Scientific Revolutions», en R. Harré (ed.), 1975, páginas 72-101.
- (1979), *Objective Knowledge*, Oxford, Clarendon Press, 1.ª ed. en inglés en 1972. (Vers. cast.: *Conocimiento objetivo*, Madrid, Tecnos, 1982.)
- (1981), *La miseria del historicismo*, Madrid, Alianza.
- (1982), *La sociedad abierta y sus enemigos*, Barcelona, Paidós.
- (1984), *El universo abierto*, Madrid, Tecnos.
- (1985a), *Búsqueda sin término*, Madrid, Tecnos.
- (1985b), *Realismo y el objetivo de la ciencia*, Madrid, Tecnos.
- (1985c), *Teoría cuántica y el cisma en la física*, Madrid, Tecnos.
- (1992), *Un mundo de propensiones*, Madrid, Tecnos.
- (1994), *The Myth of the Framework*, Londres, Routledge. (Vers. cast.: *El mito del marco común*, Barcelona, Paidós, 1997.)
- (2002), *Conjectures and Refutations*, Londres, Routledge, 1.ª ed. en inglés en 1963. (Vers. cast.: *Conjeturas y refutaciones*, Barcelona, Paidós, 1983.)
- PRESTON, J. (1997), *Feyerabend: Philosophy, Science and Society*, Cambridge, Polity Press.
- PRICE, D. de Solla (1986), *Little Science, Big Science... and Beyond*, Nueva York, Columbia University Press, 1.ª ed., 1963.
- PSILLOS, S. (1994), «A Philosophical Study of the Transition from the Caloric Theory of Heat to Thermodynamics: Resisting the Pessimistic Meta-Induction», *Stud. Hist. Phil. Sci.*, vol. 25, núm. 2, págs. 159-190.
- (1996a), «Scientific Realism and the "Pessimistic Induction"», *Philosophy of Science*, 63, págs. 306-314.
- (1996b), «On van Fraassen Critique of Absuctive Reasoning», *The Philosophical Quarterly*, vol. 46, núm. 182, págs. 31-47.
- (1999), *Scientific Realism. How Science Tracks Truth*, Londres, Routledge.
- (2000), «The Present State of the Scientific Realism Debate», *Brit. J. Phil. Sci.*, 51, págs. 705-728.
- (2002), *Causation and Explanation*, Chesham, Acumen.

- PUTNAM, H. (1974), «The "Corroboration" of Theories», en P. A. Schilpp (ed.), 1974, páginas 221-240.
- (1975), «What is a Mathematical Truth», en *Mathematics, Matter and Method, Philosophical Papers*, vol. I, Cambridge, Cambridge University Press.
- (1976), «What is "Realism"?», *Proceedings of the Aristotelian Society*, 76, páginas 177-194.
- (1978), *Meaning and the Moral Sciences*, Londres, Routledge y K. Paul.
- (1982), «Three Kinds of Scientific Realism», *Philosophical Quarterly*, vol. 32, número 128, págs. 195-200.
- (1983), *Realism and Reason*, Cambridge, Cambridge University Press.
- (1988), *Razón, verdad e historia*, Madrid, Tecnos.
- (1987), *The Many Faces of Realism*, La Salle Ill., Open Court.
- (1990), *Realism with a Human Face*, Cambridge Mass., Harvard University Press.
- (1994a), *Cómo renovar la filosofía*, Madrid, Cátedra.
- (1994b), *Words and Life*, Cambridge Mass., Harvard University Press.
- QUERALTÓ, R. (1996), *Karl Popper, de la epistemología a la metafísica*, Sevilla, Universidad de Sevilla.
- (2003), *Ética, tecnología y valores en la sociedad global*, Madrid, Tecnos.
- QUINE, W. v. O. (1962), *Desde un punto de vista lógico*, Barcelona, Ariel.
- (1975), «On Empirically Equivalent Systems of the World», *Erkenntnis*, 9, páginas 313-328.
- (1986), *La relatividad ontológica y otros ensayos*, Madrid, Tecnos.
- (1992), *La búsqueda de la verdad*, Barcelona, Crítica.
- QUINTANILLA, M. A. (1972), *Idealismo y filosofía de la ciencia. Introducción a la epistemología de K. R. Popper*, Madrid, Tecnos.
- RACIONERO, Q. (2000), «La resistible ascensión de Alan Sokal», *Éndoxa*, 12, págs. 423-483.
- RADA, E. (1984), *La filosofía de la ciencia y el giro historicista: El Post-positivismo*, Madrid, UNED.
- RADNITZKY, G. y cols. (eds.) (1982), *Progreso y racionalidad en la ciencia*, Madrid, Alianza.
- (1984), *Estructura y desarrollo de la ciencia*, Madrid, Alianza.
- REICHENBACH, H. (1938), *Experience and Prediction*, Chicago, University of Chicago Press.
- (1956), *The Direction of Time*, Berkeley, University of California Press.
- RESCHER, N. (1994), *Los límites de la ciencia*, Madrid, Tecnos.
- (ed.) (1990), *Evolution, Cognition and Realism*, Lanham, University Press of America.
- RESNIK, D. B. (1993), «Do Scientific Aims Justify Methodological Rules?», *Erkenntnis*, 38, páginas 223-232.
- (2000), «A Pragmatic Approach to the Demarcation Problem», *Stud. Hist. Phil. Sci.*, 31, páginas 249-267.
- RESTIVO, S. (1997), «In the Wake of the Winnowers», *Philosophica*, 60 (2), págs. 57-73.
- RIVADULLA, A. (1984), *Filosofía actual de la ciencia*, Madrid, Ed. Nacional. (Reimpreso en Tecnos.)
- (1990), «La racionalidad de la metodología lakatosiana de los programas de investigación científica. Una revisión de la teoría popperiana de la racionalidad», en W. González (ed.), págs. 129-145.
- (1991), *Probabilidad e inferencia científica*, Barcelona, Anthropos.
- RODRÍGUEZ ALCÁZAR, J. (2000), *Ciencia, valores y relativismo*, Granada, Editorial Comares.
- RORTY, R. (1983), *La filosofía y el espejo de la naturaleza*, Madrid, Cátedra.

- ROSENBERG, A. (1996), «A Field Guide to Recent Species of Naturalism», *Brit. J. Phil. Sci.*, 47, págs. 1-29.
- ROUSE, J. (1987), *Knowledge and Power: Toward a Political Philosophy of Science*, Ithaca, N. Y., Cornell University Press.
- RUBEN, D. H. (1990), *Explaining Explanation*, New Cork, Routledge y Kegan Paul.
- (1993), *Explanation*, Oxford, Oxford University Press.
- RUDNER, R. S. (1980), *Filosofía de la ciencia social*, Madrid, Alianza.
- RUSE, M. (1979), *Filosofía de la biología*, Madrid, Alianza.
- (1994), *Tomándose a Darwin en serio*, Barcelona, Salvat.
- RUSSELL, B. (1983), *La perspectiva científica*, Barcelona, Ariel, 1983.
- RYAN, A. (1973), *Metodología de las ciencias sociales*, Madrid, Suramérica.
- SALMON, M. H., EARMAN, J. y cols. (1999), *Introduction to the Philosophy of Science*, Indianapolis, Hackett Publishing Company.
- SALMON, W. C. (1977), «Why ask, "Why?"», *Proceedings and Addresses of the American Philosophical Association*, 51, págs. 683-705. (Reimpreso en Salmon, 1998, páginas 125-140.)
- (1984), *Scientific Explanation and the Causal Structure of the World*, Princeton N. J., Princeton University Press.
- (1990), *Four Decades of Scientific Explanation*, Minneapolis, Minnesota University Press. (Incluido también en P. Kitcher y W. C. Salmon (eds.), 1989, págs. 3-219).
- (1998), *Causality and Explanation*, Nueva York, Oxford University Press.
- y cols. (1971), *Statistical Explanation and Statistical Relevance*, Pittsburgh, University of Pittsburgh Press.
- SÁNCHEZ RON, J. M. (1992), *El poder de la ciencia*, Madrid, Alianza.
- SANKEY, H. (1994), *The Incommensurability Thesis*, Aldershot, Avebury.
- SANMARTÍN, J. (1990), *Tecnología y futuro humano*, Barcelona, Anthropos.
- SCHEFFLER, I. (1956-1957), «Prospects of a Modest Empiricism», *The Review of Metaphysics*, 10, 383-400 y 602-625.
- (1957), «Explanation, Prediction, and Abstraction», *Brit. J. Phil. Sci.*, 7, páginas 293-309.
- (1963), *The Anatomy of Inquiry: Philosophical Studies in the Theory of Science*, Nueva York, A. Knopf.
- SCHILPP, P. A. (ed.) (1963), *The Philosophy of Rudolf Carnap*, La Salle Ill., Open Court.
- (ed.) (1974), *The Philosophy of Karl Popper*, La Salle Ill., Open Court.
- SCHLICK, M. (1932-1933), «Positivismus und Realismus», *Erkenntnis*, 3, págs. 1-31.
- (1987), *The Problems of Philosophy in Their Interconnection. Winter Semester Lectures, 1933-34*, H. L. Mulder, A. J. Kox y R. Hegselmann (eds.), Dordrecht, Reidel.
- SCRIVEN, M. (1959), «Explanation and Prediction in Evolutionary Theory», *Science*, 130, págs. 477-482.
- (1962), «Explanations, Predictions, and Laws», en H. Feigl y G. Maxwell (eds.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. III, Minneapolis, University of Minnesota Press, págs. 170-230.
- SELLARS, W. (1971), *Ciencia, percepción y realidad*, Madrid, Tecnos.
- SELLERI, F. (1994), *Física sin dogma*, Madrid, Alianza.
- SHAPERE, D. (1984), *Reason and the Search for Knowledge*, Dordrecht, Reidel.
- (1985), «Significado y cambio científico», en I. Hacking (ed.), 1985, págs. 58-115.
- SHAPIN, S. (1975), «Phrenological Knowledge and the Social Structure of Early Nineteenth-Century Edinburgh», *Annals of Science*, 32, págs. 219-243.
- (1994), *A Social History of Truth. Civility and Science in Seventeenth-Century England*, Chicago, University of Chicago Press.

- SHARROCK, W. y READ, R. (2002), *Kuhn, Philosopher of Scientific Revolution*, Cambridge, Polity Press.
- SHIMONY, A. y NAILS, D. (eds.) (1987), *Naturalized Epistemology*, Dordrecht, Reidel.
- SHRADER-FRECHETTE, K. (1994), *The Ethics of Scientific Research*, Londres, Rowman and Littlefield.
- SKLAR, L. (1995), *Filosofía de la física*, Madrid, Alianza.
- SMART, J. J. C. (1963), *Philosophy and Scientific Realism*, Londres, Routledge y Kegan Paul.
- (1975), *Entre ciencia y filosofía*, Madrid, Tecnos.
- SNEED, J. (1971), *The Logical Structure of Mathematical Physics*, Dordrecht, Reidel.
- SOBER, E. (1996), *Filosofía de la biología*, Madrid, Alianza.
- SOKAL, A. (1998), «What the Social Text Affair Does and Does not Prove», en N. Koertge (ed.), págs. 9-22.
- y BRICMONT, J. (1998), *Intellectual Impostures. Postmodern Philosophers' abuse of science*, Londres, Profile Books.
- SOLIS, C. (ed.) (1993), *Ensayos en homenaje a Thomas Samuel Kuhn*, en *Éndoxa*, núm. 9, Madrid, UNED.
- (ed.) (1998), *Alta tensión: Historia, filosofía y sociología de la ciencia. Ensayos en memoria de Thomas Kuhn*, Barcelona, Paidós.
- SORELL, T. (1993), *La cultura científica. Mito y realidad*, Barcelona, Península.
- STADLER, F. (2001), *The Vienna Circle. Studies in the Origins, Development, and Influence of Logical Empiricism*, Wien, Springer Verlag.
- STEEN, W. J. van der (2000), «Methodological Problems in Evolutionary Biology. XIII. Evolution and Knowledge», *Acta Biotheoretica*, 48, págs. 73-84.
- STEGMÜLLER, W. (1979), *Teoría y experiencia*, Barcelona, Ariel.
- (1983), *Estructura y dinámica de teorías*, Barcelona, Ariel.
- (1981), *La concepción estructuralista de las teorías*, Madrid, Alianza.
- STILLINGS, N. A. y cols. (1995), *Cognitive Science. An Introduction*, Cambridge Mass., The MIT Press, 2.^a ed.
- STOVE, D. C. (1995), *Popper y después*, Madrid, Tecnos.
- SUPPE, F. (1979), *La estructura de las teorías científicas*, Madrid, Ed. Nacional.
- (1988), «A Nondeductivist Approach to Theoretical Explanation», en A. Grünbaum y W. C. Salmon (eds.), *The Limitations of deductivism*, Berkeley, University of California Press, págs. 128-166.
- (1989), *The Semantic Conception of Theories and Scientific Realism*, Urbana, University of Illinois Press.
- (2000), «Understanding Scientific Theories: An Assessment of Developments, 1969-1998», *Philosophy of Science*, 67 (proceedings), págs. 102-115.
- SUPPES, P. (1960), «A Comparison of the Meaning and Uses of Models in Mathematics and the Empirical Sciences», *Synthese*, 12, págs. 287-301. (Hay traducción al castellano en Suppes, 1988, cap. 7.)
- (1988), *Estudios de filosofía y metodología de la ciencia*, Madrid, Alianza.
- TAVRIS, C. (1992), *The Mismeasure of Woman*, Nueva York, Touchstone.
- THAGARD, P. (1988), *Computational Philosophy of Science*, Cambridge Mass., The MIT Press.
- (1992), *Conceptual Revolutions*, Princeton N. J., Princeton University Press.
- TOOLEY, M. (1987), *Causation: A Realist Approach*, Oxford, Clarendon Press.
- TOULMIN, S. (1953), *The Philosophy of Science*, Londres, Hutchinson.
- (1961), *Foresight and Understanding*, Londres, Hutchinson.
- (1972), «Does the Distinction between Normal Science and Revolutionary Science Hold Water?», en Lakatos y Musgrave (eds.), 1972, págs. 39-47.

- TOULMIN, S. (1977), *La comprensión humana*, Madrid, Alianza, 1.ª ed. en inglés en 1972.
- (1990), *Cosmopolis. The Hidden Agenda of Modernity*, Chicago, The University of Chicago Press.
- TRIGG, R. (1989), *Reality at Risk. A Defence of Realism in Philosophy and the Sciences*, Londres, Harvester, 2.ª ed.
- (1993), *Rationality and Science*, Oxford, Blackwell.
- TUOMELA, R. (1981), «Inductive Explanation», *Synthese*, 48, págs. 257-294.
- (1985), *Science, Action and Reality*, Dordrecht, Reidel.
- TWENEY, R. D., DOHERTY, M. E. y MYNATT, C. R. (eds.) (1981), *On Scientific Thinking*, Nueva York, Columbia University Press.
- TYMOCZKO, Th. (ed.) (1985), *New Directions in the Philosophy of Mathematics*, Boston, Basel, Stuttgart, Birkhäuser.
- URBACH, P. (1988), «What is a Law of Nature?», *Brit. J. Phil. Sci.*, 39, págs. 193-209.
- VAZQUEZ, J. (1991), «Progreso científico y verdad», *Crítica*, 69, págs. 101-135.
- VELASCO GÓMEZ, A. (ed.) (1997), *Racionalidad y cambio científico*, Méjico, Paidós.
- VOLLMEYER, G. (1987), «What Evolutionary Epistemology Is Not», en W. Callebaut y R. Pinxten (eds.), *Evolutionary Epistemology. A Multiparadigm Program*, Dordrecht, Reidel, págs. 203-221.
- WARTOFKY, M. W. (1983), *Introducción a la filosofía de la ciencia*, Madrid, Alianza.
- WASON, P. C. (1983), «Realism and Rationality in the Selection Task», en J. S. B. Evans (ed.), *Thinking and Reasoning: Psychological Approaches*, Londres, Routledge, págs. 44-75.
- WEINBERG, S. (1998), «The Revolution that Failed», *The New York Review of Books*, 8 de octubre, págs. 48-52.
- WHEWELL, W. (1847), *Philosophy of the Inductive Sciences*, 2 vols., Londres, John W. Parker. Editado por G. Buchdahl y L. Laudan en *The Historical and Philosophical Works of William Whewell*, Londres, Frank Cass and Co., 1967, vols. V y VI.
- (1860), *Philosophy of Discovery*, Londres, Parker y Son.
- WITTGENSTEIN, L. (1921-1975), *Tractatus Logico-Philosophicus*, Madrid, Alianza.
- (1987), *Observaciones sobre los fundamentos de la matemática*, Madrid, Alianza.
- WOLPERT, L. (1994), *La naturaleza no natural de la ciencia*, Madrid, Acento Editorial.
- WOODWARD, J. (1992), «Realism about Laws», *Erkenntnis*, 36, págs. 181-218.
- (2002), «Explanation», en P. Machamer y M. Silberstein (eds.), 2002, págs. 37-54.
- WOOLGAR, S. (1989), «Representation, Cognition and Self: What Hope for an Integration of Psychology and Sociology?», en Fuller y cols. (eds.), 1989, págs. 201-223.
- (1991), *Ciencia: Abriendo la caja negra*, Barcelona, Anthropos.
- WORRAL, J. (1988), «The Value of a Fixed Methodology», *Brit. J. Phil. Sci.*, 39, páginas 263-275.
- (1989), «Fix it and be Damned: A Reply to Laudan», *Brit. J. Phil. Sci.*, 40, págs. 376-388.
- (1996-1989), «Structural Realism: The Best of Both Worlds», en D. Papineau (ed.), 1996, págs. 139-165.
- WRIGHT, G. H. von (1979), *Explicación y comprensión*, Madrid, Alianza, 1.ª ed. en inglés en 1971.
- ZAHAR, E. (2001), «The Interdependence of the Core, the Heuristic and the Novelty of Facts in Lakatos's MSRP», *Theoria*, 16, 415-435.
- ZAMORA BONILLA, J. (1992), «Truthlikeness without Truth: A Methodological Approach», *Synthese*, 93, págs. 343-372.
- (1996), *Mentiras a medias. Unas investigaciones sobre el programa de la verosimilitud*, Madrid, Ediciones UAM.

- ZAMORA BONILLA, J. (2000), «Truthlikeness, Rationality and Scientific Method», *Synthese*, 122, págs. 321-335.
- (2003), *La lonja del saber. Introducción a la economía del conocimiento científico*, Madrid, UNED.
- ZIMAN, J. (1967), *Public Knowledge: The Social Dimensions of Science*, Cambridge, Cambridge University Press.
- (1980), *La fuerza del conocimiento*, Madrid, Alianza.
- (1981), *La credibilidad de la ciencia*, Madrid, Alianza, 1981.
- (1986), *Introducción al estudio de las ciencias*, Barcelona, Ariel.
- (1994), *Prometheus Bound. Science in a Dynamic Steady State*, Cambridge, Cambridge University Press.
- (2003), *¿Qué es la ciencia?*, Madrid, Cambridge University Press.

ÍNDICE ONOMÁSTICO

- Achinstein, P. 100
 Adams, J. C. 147
 Adler, A. 130
 Ajdukiewicz, K. 23
 Albert, H. 161, 162
 Alvarez, L. 46, 47
 Alvarez, W. 46, 47
 Anderson, E. 270, 293, 294
 Aristóteles 17, 45, 60, 78, 248
 Armstrong, D. 64
 Arquímedes 62
 Atencia, J. M. 15
 Avogadro, A. 44, 47, 108, 250
 Ayer, A. J. 23, 60, 119, 120, 121, 127

 Bacon, F. 17, 41, 49, 50, 58, 128, 290
 Bacon, R. 17
 Balzer, W. 69, 71, 207
 Barbault, A. 142n.
 Barnes, B. 34, 112, 282, 285, 287n3
 Barnes, E. 103
 Bartley, W. W. 140
 Beauchamp, T. 61n.
 Bechtel, W. 36, 37
 Bellarmino, R. 46, 249
 Belnap, Jr. N. D. 104
 Benveniste, J. 108
 Bergmann, G. 20
 Berlin, I. 120
 Bernal, J. D. 280
 Bird, A. 14, 46, 180, 185, 189, 198, 205, 208, 260
 Black, M. 74

 Blanco, J. R. 282
 Blaug, M. 222
 Blondlot, R. 152
 Bloor, D. 34, 282, 283, 284, 285, 287n3
 Bohm, D. 270
 Bohr, N. 19, 27, 75, 137, 148, 181, 208, 251, 254
 Boltzmann, L. 18, 159, 250
 Boole, G. 74
 Borgmann, S. 280
 Born, M. 19
 Boyd, R. 256, 259, 263
 Bricmont, J. 297
 Broglie, L. de, 19, 40
 Bromberger, S. 85, 104
 Brown, H. I. 32, 104
 Brown, J. R. 284, 285, 286, 288, 295, 298
 Brush, S. G. 264
 Buchdahl, G. 32
 Bunge, M. 112, 254, 295
 Burrieza, A. 15

 Calipo 248
 Callebaut, W. 35
 Campbell, D. 35
 Caneva, K. L. 207
 Carnap, R. 20, 21, 22, 23, 26, 29, 57, 67, 74, 115, 116, 117, 121, 122, 123n., 124, 127, 156
 Carrier, M. 264
 Cartwright, N. 66, 89n4, 91n., 99n, 256
 Castrodeza, C. 14
 Chisholm, R. 61

- Church, A. 120
 Churchland, Patricia 26
 Churchland, Paul 34, 35, 274
 Clendinnen, F. J. 38, 274
 Cohen, I. B. 52
 Collins, H. 34, 48, 287, 288
 Comte, A. 18, 20, 25, 77n., 117
 Conant, J. B. 278
 Copérnico, N. 48, 171, 180, 227, 232, 248, 270
 Copi, I. M. 43
 Costa, N. de, 74
 Cummiskey, D. 263
- Dalton, J. 46, 180, 181, 206, 249, 270
 Dancy, J. 67
 Danchin, A. 108
 Darwin, Ch. 222
 Davidson, D. 207, 208
 Dedekind, R. 44
 Demócrito 181, 249
 Descartes, R. 17, 49, 50, 58, 224, 232
 Devitt, M. 255, 256, 263
 Díaz Corrales, M. 109
 Díez Calzada, J. A. 15, 30, 72
 Doherty, M. E. 170
 Douven, I. 267
 Dretske, F. 64, 65
 Duhem, P. 18, 32, 55, 56, 57, 135, 137, 252, 269
 Dummett, M. 253
 Durán, M. A. 193
 Durbin, P. 280
 Durkheim, E. 280
- Earman, J. 124n, 198
 Echeverría, J. 15, 60, 69, 190, 253n24
 Eddington, A. 273
 Edge, D. 279
 Einstein, A. 19, 26, 27, 40, 48, 130, 140, 146, 164, 181, 202, 206, 207, 217, 250, 251, 270
 Ellis, B. 271
 Epicuro 249
 Eudoxo 248
- Feigl, H. 20, 23
 Fermat, P. 44
 Fernández Moreno, L. 209
 Fetzner, J. H. 72
 Feyerabend, P. K. 14, 17, 23, 24, 26, 32, 46, 67, 114, 124, 135, 136, 144, 150, 151, 155, 169, 171, 182, 186, 187, 188, 189-209, 212, 216, 222, 225, 231, 232, 235, 242, 242, 253
 Fine, A. 265
 FitzGerald, G. E. 148, 178
- Fleming, A. 43
 Fraassen, B. C. van, 63, 66, 69, 84, 86, 92, 93n., 94, 96-100, 104, 252, 253, 255, 257, 265, 266, 267, 268, 271, 274
 Frank, P. 20
 Franklin, B. 173
 Frege, G. 20
 French, S. 74
 Fresnel, A. 264
 Freud, S. 140
 Fuller, S. 297
- Galeno 107
 Galileo 27, 46, 48, 49, 50, 62, 63, 78, 158, 180, 194, 232, 249
 Gasper, P. 104, 105
 Giere, R. 26, 30, 33, 34, 35, 66, 69, 70, 242, 254, 256, 295
 Gödel, K. 20
 Goldman, A. 34, 37, 267
 González, M. I. 279, 280
 González, W. J. 238, 253n2
 Goodman, N. 23, 24, 61, 63, 124-127
 Gross, P. R. 291, 296
 Grossseteste, R. 17
 Grünbaum, A. 141, 164, 223
 Grünberg, T. 124n
- Haack, S. 253n24, 294, 295
 Hacking, I. 205, 212, 221n., 247, 254, 256
 Hahn, H. 20, 23
 Hahnemann, S. 107
 Hall, R. 150
 Halpern, D. F. 294
 Hanson, N. R. 24, 32, 94
 Haraway, D. 289, 293
 Hardin, C. L. 263
 Harding, S. 289, 290, 292, 293, 295, 297
 Harré, R. 256
 Hartman, S. 73
 Hegselmann, R. 23
 Heidegger, M. 24, 190
 Heisenberg, W. 19, 27, 251, 271
 Hempel, C. G. 21, 69, 78-87, 88, 90, 91, 92, 96, 118, 120, 122, 124, 132, 156, 235
 Herschel, J. 18, 52
 Hessen, B. 280
 Hintikka, J. 124
 Hipócrates 107
 Hobbes, T. 224
 Hofer, C. 272
 Holton, G. 111
 Hooke, R. 224
 Horstein, L. 267
 Hottois, G. 276

- Hoyningen-Huene, P. 183, 184, 185, 200, 202, 205
 Hubble, E. 189
 Hull, D. L. 26
 Hume, D. 17, 41, 60, 61, 62, 119, 128, 266
 Huygens, C. 51, 224
 Ihde, D. 280
 Iranzo, J. M. 282
 Iranzo, V. 268
 Irzik, G. 124n
 Jacob, F. 75
 Jeffrey, R. 104
 Kaila, E. 23
 Kant, I. 18, 31, 213, 255
 Keller, E. F. 289, 291
 Kepler, J. 48, 53, 60, 78, 81, 249
 Kimura, D. 294
 Kitcher, P. 26, 95, 100-103, 186, 198, 202, 263, 264, 298
 Knorr-Cetina, K. 34, 286
 Koertge, M. 288
 Kordig, C. R. 184
 Kotarbinski, T. 23
 Koyré, A. 32, 278
 Kraft, V. 20
 Kuhn, T. S. 14, 22, 23, 24, 26, 28, 32, 38, 67, 78n., 135, 136, 142, 144, 155, 166, 169, 171-189, 198-209, 211, 212, 217, 218, 219, 221, 222, 223, 225, 229, 230, 231, 231, 235, 236, 242, 253, 255, 258, 278, 283
 Kuipers, T. 168
 Kukla, A. 264, 273
 Kyle Stanford, P. 271
 Ladyman, J. 267
 Lakatos, I. 23, 24, 26, 28, 31, 33, 50, 67, 135, 136, 144, 145-151, 165, 169, 170, 186, 188, 211, 212-223, 229, 230, 231, 238, 239, 242
 Lalande, A. 49
 Lamo de Espinosa, E. 281, 282
 Lasaga, J. 15
 Latour, B. 34, 276, 286, 287, 297
 Laudan, L. 26, 29, 30, 32, 33, 48n., 49, 67, 113, 169, 186, 188, 201, 208, 209, 222, 223-241, 242, 253, 255, 261-265, 272, 284, 285, 295
 Leibniz, G. W. 51
 Leplin, J. 73, 263, 264, 272
 Leucipo 249
 Leverrier, U. 147
 Levin, M. 260
 Levitt, N. 296
 Lewis, D. 59, 64
 Lipton, P. 265, 266, 268
 Locke, J. 60
 Longino, H. 289, 290, 291, 292
 Lorenz, K. 35
 Lorentz, H. A. 148, 178, 270
 Losee, J. 28
 Łukasiewicz, J. 23
 Mach, E. 18, 20, 26, 27, 32, 54, 55, 56, 250, 252
 Mackie, J. L. 104
 Mannheim, K. 280
 Martin, E. 291
 Martínez Freire, P. 15, 34, 35, 192
 Marx, K. 280
 Masterman, M. 174
 Maxwell, G. 259
 Maxwell, J. C. 137, 159, 179, 189, 250
 McAllister, J. W. 263
 McMullin, E. 33, 240, 263
 Mellor, D. H. 92n7
 Mendeleiev, D. I. 189
 Menger, K. 20
 Merton, R. K. 112, 234, 277, 278, 280, 281, 282
 Mill, J. S. 18, 20, 42, 52, 53, 54, 64, 77n., 113, 116, 193
 Miller, D. 168
 Millet, A. 108
 Minnameier, G. 45n.
 Mitcham, C. 280
 Monod, J. 75
 Morris, Ch. W. 23
 Moulines, C. U. 15, 30, 69, 71, 72, 253n2
 Muguerza, J. 15
 Musgrave, A. 186, 189, 240, 256, 261, 263, 272
 Mynatt, C. R. 170
 Nagel, E. 23, 61, 63, 66, 74, 112, 156, 157, 159, 160
 Nelson, L. H. 289, 292
 Neurath, O. 20, 21, 23, 253
 Neumann, J. von, 254
 Newton, I. 46, 48, 49, 50, 51, 52, 146, 158, 181, 202, 203, 206, 207, 217, 227, 232, 290
 Newton-Smith, W. H. 161, 169, 170, 219, 221, 240, 253, 272, 295
 Nickles, T. 33, 36
 Niiniluoto, I. 15, 26, 28, 67, 72, 112, 168, 206, 208, 209, 240, 241, 242, 253n2, 254, 259, 261, 262, 263, 264, 285, 295
 Nola, R. 180
 Norris, C. 295

- Oberheim, E. 200
 Oddie, G. 168
 Oldershaw, R. L. 152
 Olivé, L. 295
 Oppenheim, P. 78, 79n.
 Ortega y Gasset, J. 190
 Osiander, A. 248
 Ostwald, W. 57, 250
- Palmqvist, P. 44
 Papineau, D. 170
 Pardo, C. G. 278
 Park, R. L. 152
 Pascal, B. 44
 Pasteur, L. 42
 Pavitt, K. 277
 Pearce, D. 207
 Pearce Williams, L. 221
 Peirce, C. S. 255
 Pérez Ransanz, A. R. 198, 203, 206
 Perrin, J. 44, 250
 Pinch, T. 34, 48, 287, 288
 Pinker, S. 294
 Planck, M. 19, 40, 137, 144, 257
 Podolski, B. 40, 251
 Poincaré, H. 55, 56, 86, 135, 250, 252
 Polanyi, M. 32
 Popper, K. R. 20, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 31,
 35, 46, 57, 58, 64, 67, 69, 123, 127-145,
 146, 147, 161-171, 186, 187, 188, 194,
 212-217, 219, 222, 234, 235, 236, 238,
 254
 Preston, J. 192
 Price, D. de Solla 275, 276
 Psillos, S. 60, 61, 63, 64, 263, 266, 267, 268
 Ptolomeo, C. 227, 232, 248, 265, 270
 Putnam, H. 67, 164, 207, 252, 253, 254, 255,
 259, 260
- Quine, W. v. O. 23, 24, 33, 35, 37, 137
- Racionero, Q. 298
 Read, R. 187, 205
 Reichenbach, H. 21, 22, 93, 104, 235, 236
 Reid, T. 43
 Rescher, N. 256, 260
 Resnik, D. B. 152, 243
 Restivo, S. 288
 Riedl, R. 35
 Rivadulla, A. 124, 212
 Rodríguez Alcázar, J. 29
 Röntgen, W. C. 189
 Rose, H. 297
 Rosen, N. 40, 251
 Rosenberg, A. 61n., 263, 272
- Ruse, M. 26, 35
 Russell, B. 20, 252
 Rutherford, E. 44, 75
 Salmon, W. C. 77, 82n., 87, 88, 89, 91, 92, 93,
 94, 95, 96, 99, 104
 Salomon, J. J. 276
 Sánchez Ron, J. M. 277n.
 Sankey, H. 180, 205, 207, 208
 Scheffler, I. 85, 123
 Scheler, M. 280
 Schlick, M. 18, 20, 21, 23, 57, 117, 118, 119,
 121
 Schrader-Frechette, K. 280
 Schrödinger, E. 19, 271
 Scriven, M. 85, 86, 96, 98, 104
 Selleri, F. 152
 Semmelweis, I. 42
 Serrés, M. 287
 Shapere, D. 33, 184, 242
 Shapin, S. 282, 283
 Sharrock, W. 187, 205
 Smart, J. J. C. 259
 Sneed, J. 69, 71
 Sober, E. 26, 95
 Sokal, A. 296-298
 Stegmüller, W. 69, 123, 126, 184, 207
 Stillings, N. A. 35
 Stove, D. C. 58n.
 Suppe, F. 23, 68, 69, 70, 100n., 156, 157
 Suppes, P. 69, 73
 Sosa, E. 67
- Tarski, A. 23, 167
 Tavis, C. 294
 Thagard, P. 34, 35, 73, 105
 Tichy, P. 168
 Tooley, M. 64
 Toulmin, S. 24, 32, 33, 35, 67, 85, 86, 105, 114,
 186, 189, 228
 Trigg, R. 295
 Tuomela, R. 89n5, 151
 Tweney, R. D. 170
- Urbach, P. 64
- Vollmer, G. 35, 38
 Volterra, V. 74
- Wartofsky, M. 47, 112
 Wason, P. C. 170
 Watkins, J. 186
 Weinberg, S. 198
 Weissmann, F. 20
 Whewell, W. 18, 32, 52, 53, 54, 113, 228

- | | |
|---|---------------------------|
| Wigner, E. P. 254 | Worrall, J. 222, 241, 263 |
| Winner, L. 280 | Wright, G. H. von, 92n7 |
| Wittgenstein, L. 20, 36 115, 117 | |
| Wolpert, L. 24, 25, 26 | Zahar, E. 219, 222 |
| Woodward, J. 65, 103 | Zamora Bonilla, J. P. 168 |
| Woolgar, S. 34, 36, 281, 285, 286, 287, 295 | Ziman, J. 275, 282 |

ÍNDICE DE CONCEPTOS

abducción 43, 265 (*véase también* inferencia de la mejor explicación)
anomalía 136, 177-179, 183, 212, 216, 217, 223, 226-228
astrología 110, 139, 141-144, 152, 191
biología evolucionista 34, 35, 242
carga teórica de la observación 68, 71, 124, 134, 161n., 199, 200, 202, 208, 213
causa 17, 78, 80, 92, 93, 94, 95, 104, 105
ciencia normal 166, 171, 172, 174, 176, 177, 178, 179, 182, 186-189, 204, 216, 239
ciencia unificada 20, 21, 22, 27, 114
ciencias cognitivas 30, 34-37
Círculo de Viena 13, 18-24, 25, 27, 28, 31, 115, 116, 118, 119, 130
concepción semántica 66, 67, 69-73
confirmación 23, 29, 47, 121-127, 156, 221, 225
constructivismo 252, 286, 287, 296, 298
contexto de descubrimiento y contexto de justificación 18, 22, 46, 161n.
contraejemplo 136, 146, 178, 212, 215, 217, 226-227
contrafácticos 62-63, 80
convencionalismo 55, 56, 135, 214, 219, 220, 222, 238
corroboración 129, 164, 169, 170, 202, 213, 218, 221
criterio de sentido 115, 123, 126, 131, 161n.
deducción 17, 18, 39, 40, 45
demarcación 14, 28, 107, 115, 128, 131, 161n., 173, 213, 214, 215, 234

distinción teórico/observacional 23, 68, 71, 124, 213, 214
empirismo lógico 21, 24, 25, 35, 67, 69, 234
enunciados básicos 132, 133, 214, 215
enunciados analíticos 20, 24, 33, 116
enunciados sintéticos 21, 24, 33, 116, 122
epistemología naturalizada 30, 33-38, 242, 256
equivalencia empírica 269
experimento crucial 178, 217
experimento de Michelson y Morley 146, 148, 178
explicación 14, 24, 77, 78, 84, 85, 104, 105, 112, 192
nomológico-deductiva 18, 79-81, 227
inductivo-estadística 81-84, 87
modelo de la relevancia estadística 87-91
modelo mecánico/causal 92-96
modelo erotético 96
factores externos 32, 48, 185, 221, 233, 278, 283, 285, 286, 288, 289
factores internos 161, 221, 222
falibilismo 161, 162, 164, 257
fenomenismo 26, 252, 254
fiscalismo 21, 122
giro historicista 32, 212, 222, 223, 239
hipótesis 18, 19, 26, 46-58, 129
ad hoc 136, 137, 138, 144, 148, 149, 152, 178, 194, 214, 239
historia de la ciencia 18, 31-33, 136, 242
interna/externa 219-221

- holismo 199, 200, 203, 269
homeopatía 107-109, 152
- incommensurabilidad 155, 179, 189, 198-209,
211, 230, 233, 238, 243, 258
inducción 17, 40-45, 52, 124, 126, 127, 128
inferencia de la mejor explicación 43, 260,
265-268
infradeterminación 234, 258, 268-274, 288,
290
instrumentalismo 55, 228, 243, 249, 252, 257
- lenguaje observacional 21, 71, 113, 123, 199, 202
ley científica 45, 46, 47, 58-66, 102, 104, 121
- mecánica newtoniana 19, 29, 61, 63, 65, 74,
79n., 81, 103, 136, 139, 146, 156, 158, 163,
174, 175, 179, 202, 205, 216, 232, 270, 290
mecanicismo 17, 224, 227
meta-inducción pesimista 258-265
metafísica 20, 22, 61, 123, 131, 227, 233, 247
método científico 45, 46, 112, 113, 114, 128,
192, 193, 196, 197, 242
método hipotético-deductivo 47, 48n., 51, 54,
113, 120, 164
modelo 19, 73-75, 256, 257
- naturalismo normativo 30, 239-241
neopositivismo o positivismo lógico 21, 24, 34,
61-63, 68, 70, 74, 78-84 115-127, 134, 156-
160, 161, 163, 165, 166, 167, 171, 242
- paradigma 172, 173, 174-176, 177, 178, 224, 230
parapsicología 109, 152
predicción 47, 48, 77, 80, 85, 86, 103, 112, 119,
125, 126, 129, 146, 149, 150, 156, 215, 222,
259, 264, 273
programa de investigación científica 149, 150,
211, 213, 215-218, 224, 230
- Programa Fuerte 283-385, 295, 298
progreso acumulativo 23, 156, 160, 163, 166,
168, 176, 181, 187, 189, 223, 228, 232
proliferación de teorías 192, 193, 215
psicoanálisis 110, 130, 139, 140, 144, 149, 152
- racionalismo 161, 162, 186, 191, 195, 225, 234,
236, 284, 285
crítico 162, 163, 279
realismo científico 14, 161n., 206, 222, 239,
240, 247-274
reducción de teorías 157-160, 165, 192, 199,
202
reglas de correspondencia 67, 68, 123
relativismo 195, 197, 205, 234, 241, 253, 255,
287, 295, 296, 297
revoluciones científicas 166, 171, 172, 177,
178, 179, 182, 199, 204, 230, 232
- seudociencia 13, 110, 130, 151, 152
- tecnociencia 190, 275, 276, 277
teoría 66-75, 224, 229, 247
teoría cuántica 19, 27, 59, 171, 175, 179, 189,
191, 248, 250, 251, 259, 270, 297
teoría de la relatividad 48, 58, 69, 129, 130, 131,
140, 144, 146, 179, 202, 205, 232, 238, 250
especial 19, 156, 189, 270
general 19, 65, 136, 189, 273
tesis Duhem-Quine 137, 235, 269
tradiciones de investigación 224, 229-231
- verdad 39, 40, 129, 161n., 163, 166, 167, 168,
170, 182, 193, 205, 221, 223, 225, 228, 229,
240, 241, 247, 253, 255, 259, 260, 262, 265,
274
verosimilitud 166-168, 169, 170, 201, 208,
213, 218, 221, 222, 225, 236, 240, 259,
260, 262



Esta obra se encuentra disponible en Acceso Abierto para copiarse, distribuirse y transmitirse con propósitos no comerciales. Todas las formas de reproducción, adaptación y/o traducción por medios mecánicos o electrónicos deberán indicar como fuente de origen a la obra y su(s) autor(es).