

# LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA HOY. PROBLEMAS Y POSICIONES

Andrés RIVADULLA

La teoría puede provocar la experiencia, como la experiencia a menudo rectifica a la teoría.

Antoine A. Cournot

No es posible trazar en ninguna parte una línea y decir: aquí empieza la ciencia

Herbert Spencer

## 1. Introducción

La imagen de la ciencia, de sus posibilidades y límites, ha cambiado considerablemente en los últimos 70 años, desde el comienzo de la *filosofía actual de la ciencia* en los primeros años 30 del siglo XX hasta nuestros días. La creencia en una ciencia segura, tal y como el positivismo lógico preconizaba, fue rápidamente descartada ante la respuesta contundente y tenaz de Popper; a su vez, la concepción realista de la ciencia del propio Popper sufriría un considerable desgaste por obra de Quine, Kuhn y Feyerabend; finalmente, el peligro del relativismo sería conjurado gracias a nuevas tendencias neopragmáticas en el pensamiento científico, que, recuperando ideas ya establecidas por Duhem, Dewey, James y otros, desechan la imagen de la ciencia como espejo de la naturaleza, al tiempo que la consolidan como una empresa racional.

Contemplada desde una perspectiva filosófica, la ciencia sugiere un número considerable de interrogantes que no interesan primariamente al científico, porque no son preguntas propias de la ciencia real, a saber: la definición y clasificación de los conceptos científicos; el problema de los términos teóricos de la ciencia; la naturaleza de las leyes científicas; la estructura lógica, evolución y cambio de las teorías científicas; la contrastación empírica de las hipótesis y teorías; la lógica de la inferencia científica; la explicación científica; el azar y la necesidad; el progreso científico; la fundamentación del conocimiento; el significado y la referencia de los términos de la ciencia; la verdad, la simplicidad, la utilidad etc. Estas cuestiones, y muchas más, que son las que interesan al filósofo o teórico de la ciencia, constituyen las preguntas de carácter metodológico, lógico, epistemológico y semántico que agotan el objeto de la filosofía de la ciencia, que se constituye así como una disciplina *metacientífica*: mientras la ciencia investiga el mundo, la teoría de la ciencia estudia la ciencia misma.

La filosofía de la ciencia da cuenta pues tanto de cuestiones sistemáticas (o sincrónicas) de la actividad científica, como de aspectos históricos (o diacrónicos) de la misma, e.d. del cambio científico. Mas, sobre la naturaleza de la teoría de la ciencia, cabe preguntarse también si ésta es una disciplina empírica dedicada exclusivamente a *describir e indentificar* la estructura lógica de los productos proporcionados por la ciencia, y el método científico, así como el desarrollo conocimiento, o si por el contrario (o también), se encarga de dictar las *normas* por las que se debe guiar la actividad científica real. El recurso frecuente a la afirmación de que la tarea de la filosofía de la ciencia es la de llevar a cabo una *reconstrucción racional* de la ciencia, constituye un remanente del viejo paradigma formalista en filosofía de la ciencia, imperante en

gran medida hasta finales de los años ochenta del siglo XX. Pero no evita la cuestión, ya que toda reconstrucción racional de la ciencia se hace desde una perspectiva filosófica determinada, o bien es susceptible de recibir una interpretación filosófica particular. Luego parecería inevitable que la filosofía de la ciencia no contuviese también un componente normativo o prescriptivo. Si el énfasis se pone en el carácter eminentemente empírico o descriptivo de la filosofía de la ciencia, de acuerdo con el cual la teoría de la ciencia debe tomar la ciencia como dato empírico, y su objeto debe ser tratar de desvelar cómo procede realmente ésta, entonces el problema del normativismo queda completamente conjurado.

El origen oficial o público de la filosofía *actual* de la ciencia puede situarse en el Primer Congreso sobre Epistemología de las Ciencias Exactas, celebrado en Praga del 15 al 17 de septiembre de 1929. La propuesta de su celebración fue sugerida por Hans Reichenbach, y su organización corrió a cargo de la Sociedad Ernst Mach de Viena en colaboración con la Sociedad de Filosofía Empírica de Berlín. La invitación a participar en el mismo fue incluida en la invitación a asistir al Quinto Congreso de Físicos y Matemáticos Alemanes, una vez que la Sociedad Alemana de Físicos aceptase la vinculación del citado Primer Congreso con el de físicos y matemáticos. Algunas ponencias, como la de Philipp Frank, que también leyó el discurso de apertura: «¿Qué representan las teorías físicas actuales para la teoría general del conocimiento?» y la de Richard von Mises: «Sobre regularidad causal y estadística en la física», fueron presentadas en el Congreso de Físicos y Matemáticos. El hecho pues, por una parte, de la concurrencia de físicos, matemáticos y filósofos en un congreso en el que se discutió sobre la concepción científica del mundo (del Círculo de Viena), sobre probabilidad y causalidad, y sobre cuestiones fundamentales de lógica y matemáticas, y la circunstancia, por otra parte, de que en sucesivos congresos y publicaciones se fuera desarrollando la temática discutida en este Primer Congreso, hasta formar parte del cuerpo de cuestiones que hoy constituye buena parte - académicamente hablando- de la filosofía, o teoría, de la ciencia, invitan a considerar justamente situado el origen de esta moderna disciplina. Este hecho no debe hacernos olvidar sin embargo la existencia de una filosofía de la ciencia precedente con concepciones tales como el *pragmatismo* de J. Dewey y W. James, el *convencionalismo* de H. Poincaré, el *instrumentalismo* de P. Duhem, el *operacionalismo* de P.W. Bridgmann, así como la moderna *filosofía de la naturaleza* de W. Ostwald y H. Dingler, el *atomismo lógico* de Russell y el *empirio-criticismo* de Mach y Avenarius.

Más precisamente, la filosofía de la ciencia nace sobre el trasfondo de una disputa que concierne la esencia misma de la metodología científica: frente a la cuestión central del positivismo o empirismo lógico, o neopositivismo: «¿cuál es la base de certeza a la que es reducible el conocimiento?», Karl Popper planteó la siguiente, característica de su posición denominada posteriormente *racionalismo crítico*: «¿cómo podemos criticar óptimamente nuestras teorías?». Esta divergencia básica determinó también dos actitudes radicalmente opuestas acerca tanto del *criterio de demarcación* entre ciencia y pseudociencia -el de *falsabilidad en sentido lógico* de Popper, frente al criterio neopositivista de *verificabilidad en principio*-, como sobre la posibilidad de una lógica o teoría del aprendizaje inductivo a partir de la experiencia.

El título del primer libro de Karl Popper, recientemente aparecido en España, aunque publicado por vez primera en Alemania en 1979, *Los dos problemas fundamentales de la epistemología*, que constituye la versión originaria de su *Lógica de la investigación científica* de 1935, refiere el hecho de que para Popper las dos cuestiones candentes de la teoría de la ciencia eran: el problema de la demarcación entre ciencia y pseudociencia, y el problema de la inducción. Por contra Rudolf Carnap defenderá en "Testability and Meaning", en 1936, que los dos temas principales de la teoría del conocimiento son: el problema del significado y el de la verificación. La historia de la filosofía de la ciencia enseña sin embargo que los problemas principales de la

teoría de la ciencia empírica realmente son el del método científico y el de la epistemología de la ciencia. El primero engloba el problema de la naturaleza de la relación teoría-experiencia - incluido el de la probabilidad inductiva-, el problema de la explicación y el problema de la racionalidad científica, y el segundo concierne la pregunta por la forma, posibilidades y límites del conocimiento científico, e incluye como cuestión histórica fundamental el debate realismo-instrumentalismo.

Constituye una curiosa circunstancia que los problemas del método y de la epistemología tengan un origen casi común: éste echa sus raíces en la polémica provocada por el llamado *problema de los planetas de Platón*, cuya *disolución* definitiva correría a cargo de Johannes Kepler; el problema del método científico por su parte tiene su origen en Aristóteles. Así, mientras la disputa *realismo vs. instrumentalismo* abre en la filosofía occidental el curso de los debates epistemológicos acerca de las posibilidades de una teoría del conocimiento científico, el problema de la inducción, llevado de la mano de Aristóteles a la escena metodológica, abre cauce a las discusiones en torno a la teoría de la inferencia científica.

La filosofía actual de la ciencia no se asienta empero sólo sobre la base del positivismo lógico del Círculo de Viena y del racionalismo crítico de Popper. Coincidiendo con ambos, el médico polaco Ludwik Fleck, que se anticipa en treinta años al historiador y filósofo norteamericano de la ciencia Thomas S. Kuhn, completará la orientación histórica o dinámica en teoría de la ciencia que ya propugnaba Karl Popper por aquellas fechas, poniendo especial énfasis en los condicionamientos sociales del conocer.

A partir de los años sesenta la orientación histórica de la filosofía de la ciencia ha dado paso a grandes controversias sobre las formas, métodos y metas del progreso científico. El coloquio internacional sobre Filosofía de la Ciencia, celebrado en Londres en 1965, cuyas ponencias fueron recogidas por Imre Lakatos en 1970 en *La crítica y el desarrollo del conocimiento*; la publicación por Paul K. Feyerabend en 1970 y 1975 de *Contra el método y Tratado contra el método*, respectivamente; la aparición en 1971 de la obra de Joseph D. Sneed: *The Logical Structure of Mathematical Physics*; el Coloquio sobre la Lógica y Epistemología del Cambio Científico, organizado en Helsinki por la Sociedad Filosófica de Finlandia en 1977, y cuyas ponencias aparecen recogidas en *Acta Philosophica Fennica*, 1978, pusieron de manifiesto durante los años setenta y ochenta la existencia de la polémica Popper-Kuhn-Lakatos acerca del desarrollo científico, del enfrentamiento del anarquismo epistemológico de Feyerabend con Popper, Kuhn y Lakatos, y de la rivalidad de las concepciones realista y estructuralista acerca del progreso científico. La aparición de versiones sofisticadas del realismo, en particular a partir de la propuesta de Hilary Putnam del *realismo interno* en *Razón, verdad e historia*, 1981, ha reavivado las discusiones epistemológicas, que se centran fundamentalmente en las discusiones entre el relativismo epistemológico y las versiones no ingenuas del realismo científico. Un buen ejemplo lo constituye el *relativismo evolucionista* de Gonzalo Munévar, 1998. Finalmente, las concepciones *neopragmáticas* de la ciencia, de Richard Rorty y Bastiaan van Fraassen entre otros, parecen abrir sendas a una nueva imagen de la ciencia que, al tiempo que renuncia a una pretensión de conocimiento del *mundo real*, no acepta el principio relativista del *todo vale*, y hace hincapié en la racionalidad intrínseca del real proceder de la ciencia.

En paralelo a este debate la teoría cuántica ha venido consolidándose durante los últimos decenios como un excelente banco de prueba de varios de los planteamientos epistemológicos más serios. No le faltaba razón a Popper cuando en 1994 aseveraba que la ciencia es capaz de resolver problemas filosóficos.

## **2. Concepción científica del mundo y racionalismo crítico en el origen de la filosofía actual de la ciencia**

## 2.1. El marco: la Sociedad de Filosofía Empírica, la Sociedad Ernst Mach, el Círculo de Viena

La filosofía actual de la ciencia se entronca con la nueva filosofía de la naturaleza, cuyo origen hay que situarlo en las lecciones que comenzó a publicar Wilhelm Ostwald en 1902. Su objetivo: salvar a la filosofía de la naturaleza de la mala fama de que adolecía en Alemania desde el siglo XIX como consecuencia de la influencia ejercida por Schelling (la referencia a Alemania se debe a que, en Inglaterra, p.e., la física matemática continuaba siendo designada como *natural philosophy*). En clara oposición a la filosofía de la naturaleza *especulativa* de Schelling, Ostwald afirma: "Mientras los filósofos de la naturaleza alemanes fundamentalmente pensaban y literaturizaban acerca de los fenómenos naturales, los representantes de las otras corrientes *calculaban y experimentaban*, y pronto pudieron mostrar un cúmulo de resultados efectivos por medio de los cuales se produjo el desarrollo extraordinariamente rápido de las ciencias naturales. Ante esta prueba tangible de superioridad los filósofos naturales no podían oponer nada comparable" (Ostwald, 1914: 2-3). Además, para Ostwald constituía un hecho extraordinariamente curioso que, mientras los contenidos de las diferentes disciplinas particulares eran esencialmente coincidentes, y ello con plena independencia de los autores que sobre ellos escribían, parecía que en filosofía no había nada común. A ello había que añadir que la disciplina más antigua, la filosofía, tampoco había logrado el objetivo de alcanzar verdades generales reconocidas. Así pues, frente a la constatación de que el trabajo común de la filosofía y las ciencias particulares no se produce por el hecho de que aquélla no recoge los resultados de éstas, Ostwald plantea la tesis de que "no hay mejor preparación para el trabajo filosófico que la inmersión en alguna ciencia particular hasta el grado de lograr la producción de nuevo saber, e.d. la capacidad de descubrir" (Ostwald, *op. cit.*, p. 14).

Este camino emprendido por Ostwald es continuado por Hugo Dingler, quien tras reconocer que el nombre de *filosofía de la naturaleza* ha recobrado su prestigio gracias a las *lecciones* de Ostwald, considera que esta disciplina concierne "aquellas consideraciones filosóficas que principalmente se conectan con los métodos y formas de pensamiento de las ciencias exactas (matemática y ciencias naturales)" (Dingler, 1913: Prefacio). La lógica, por una parte, y la metodología de las ciencias exactas de la naturaleza y de la matemática, por otra, o sea: Husserl, Wundt, Duhem, Enriques, Poincaré, Hilbert, Russell, etc., constituyen las direcciones hacia las que la filosofía de la naturaleza se orienta, destacando la tendencia antimetafísica marcada por los trabajos de Ernst Mach. El resultado es, pues, un dominio que pretende hacer justicia a las investigaciones filosóficas y a las científicas especializadas, y que pretende estimular una mejor relación entre filosofía y ciencia.

Finalmente, Hans Reichenbach (1931: 3) concebirá la filosofía de la naturaleza como una nueva filosofía científica cuya meta es la solución de una serie de cuestiones epistemológicas fundamentales, excluyendo toda especulación abstracta, o sea, en estrecho contacto con la investigación matemática y en ciencia natural. Esto supone el rechazo de toda filosofía como ciencia de rango superior que agota su dominio de conocimiento o bien en la razón pura, o bien en la contemplación de esencias, y que consiguientemente implica una separación entre filosofía y ciencia natural. En conclusión, Reichenbach se opone a toda separación entre *filosofía de la naturaleza* y *filosofía de las ciencias de la naturaleza* que pretenda distanciar una teoría del conocimiento natural de la teoría de la ciencia natural (Reichenbach *op. cit.*, pp. 6-7). Resumidamente, Reichenbach se expresa así: "Preferimos una teoría del conocimiento que tome conscientemente su punto de partida en la ciencia natural actual, y cuyos resultados filosóficos sean de igual rango histórico que los de las ciencias naturales contemporáneas." (Reichenbach *op. cit.*, p. 8) De ahí que, contra Kant, el análisis del proceso cognitivo no consista en un análisis de la razón, sino en un análisis de la ciencia; más concretamente: la filosofía natural no centra su

análisis en el pensamiento como potencia, sino en los productos de este pensamiento. El círculo de problemas que conforman el contenido de la nueva filosofía de la naturaleza, en completa oposición a Schelling y Hegel, es el siguiente: espacio y tiempo; causalidad, probabilidad y estadística; lógica y matemática; el problema de la realidad; etc.

Recorrido el camino hacia la identificación de la nueva filosofía de la naturaleza con la filosofía de la ciencia natural, en 1928 se funda la *Sociedad de Filosofía Empírica* de Berlín en torno a la figura de Hans Reichenbach. Su objetivo es el de convertirse en el centro al que confluyan todos los interesados en una *filosofía científica*, entendida como "método filosófico que, por medio del análisis y la crítica de los resultados de las ciencias especializadas, avanza hacia cuestiones y respuestas filosóficas" (*Erkenntnis* 1, 1930-1931: 72, Chronik). Tal concepción filosófica se afirma en consciente oposición a todo tipo de filosofía con presunciones de establecer enunciados con validez a priori, o sea, no sometidos a la crítica científica.

Simultáneamente se crea en Viena, también en 1928, la *Sociedad Ernst Mach* con la pretensión de ser un centro activo de todos aquellos empeños encaminados a producir contactos permanentes entre amplios círculos filosóficos, propugnadores de una concepción del mundo libre de metafísica, y los representantes científicos de esta misma corriente. Varias circunstancias permitieron la maduración de este fruto: Ernst Mach vivió como estudiante y docente en Viena, y regresó en 1895 cuando se creó para él una Cátedra de Filosofía de las Ciencias Inductivas; característico de Mach era su empeño por liberar las ciencias empíricas de todo pensamiento metafísico, y en su cátedra colaboró Ludwig Boltzmann, físico también y empirista reconocido. Mach y Boltzmann consiguieron crear un vivo interés por las cuestiones lógicas y epistemológicas relativas a la fundamentación de la física, así como por la renovación de la lógica. Las actividades de Theodor Gomperz y Alois Höfler posibilitaron también en el seno de la *Sociedad de Filosofía* de la universidad vienesa numerosas discusiones sobre fundamentación de la física y problemas lógicos y epistemológicos en general. En medio de este especializado ambiente científico, Moritz Schlick es llamado a Viena en 1922, agrupándose en torno suyo un círculo de interesados en la concepción científica del mundo, ninguno de los cuales es filósofo puro, ya que todos poseían formación científica en alguna disciplina determinada; el mismo Schlick era físico. El "círculo" creado en torno a Moritz Schlick, y posteriormente Rudolf Carnap, acabó convirtiéndose en una realidad duradera. Influido por Mach, Poincaré, Frege, Russell, Wittgenstein y otros, combatía toda posición metafísica y teológica en ciencia.

El *Círculo de Viena* hizo su aparición pública cuando la Sociedad Ernst Mach de Viena convocó, juntamente con la Sociedad de Filosofía Empírica de Berlín, el primer Congreso sobre Epistemología de las Ciencias Exactas en Praga en Septiembre de 1929. Con ocasión de este congreso se decide la publicación en Agosto de 1929, del documento programático: *La Concepción Científica del Mundo. El Círculo de Viena*. En su Introducción, Hans Hahn, Otto Neurath y Rudolf Carnap (1929), autores del documento, escriben: "A comienzos de 1929 Moritz Schlick recibió una tentadora invitación para ir a Bonn. Tras algunas vacilaciones se decidió a permanecer en Viena. Por primera vez comprendimos claramente, tanto él como nosotros, que existe algo así como un "Círculo de Viena" de la concepción científica del mundo, que desarrolla esta idea en un trabajo común." El Círculo de Viena presta su colaboración en el seno de la Sociedad Ernst Mach como expresión de su empeño por entrar en contacto con personas de igual orientación e influir en los más alejados.

## 2.2. *La Concepción científica del mundo: fenomenalismo y unidad de la ciencia*

En el manifiesto programático del *Círculo de Viena* destacan Hahn, Neurath y Carnap que, para la concepción científica del mundo, la labor de la filosofía debe consistir en la *clarificación* de los problemas y enunciados de la filosofía tradicional con el resultado de

desenmascarar algunos de ellos como pseudoproblemas, y transformar otros en cuestiones empíricas, susceptibles por consiguiente de ser sometidas al juicio de la ciencia experimental. El método de tal clarificación no es otro que el *análisis lógico*. Éste tiene la función de mostrar el sentido de los enunciados, o sea, lo que con ellos pensamos. De esta forma los autores del documento distinguen dos tipos excluyentes de frases: a) las de la ciencia empírica, cuyo sentido se puede averiguar por reducción a enunciados más simples acerca de lo dado empíricamente, y b) las carentes completamente de sentido, tales como las frases de la metafísica, las cuales no expresan nada más que un mero sentimiento, por lo que habría que considerarlas más bien propias de la lírica.

Además, Carnap afirma que "todos los conceptos, tanto si pertenecen al dominio de las ciencias naturales, como a la psicología, o a las ciencias sociales, son reducibles a una base común: a conceptos fundamentales que se refieren a *lo dado*, que son los contenidos inmediatos de experiencia." (Carnap, 1930: 23-24) De esta forma cada frase científica, por muy general que sea, es traducible a una frase o frases acerca de lo dado, e. d. es *verificable* en lo dado. De ahí concluye Carnap "la imposibilidad de toda metafísica que pretenda argumentar de la experiencia a lo trascendente, situado más allá de la experiencia, ello mismo no experimentable; ... Como una inferencia estricta nunca puede conducir de la experiencia a lo trascendente, las conclusiones metafísicas contienen necesariamente lagunas; de ahí surge la apariencia de transcendencia. Se introducen conceptos que no son reducibles ni a lo dado ni a lo físico. Son, pues, meros pseudoconceptos, rechazables tanto desde el punto de vista epistemológico como científico. Son palabras sin sentido, por mucho que la tradición las haya consagrado y adornado de efectos" (Carnap, *op. cit.*, p. 25). La nueva lógica nos capacita para reconocer qué tipos de frases son plenamente significativas, y aquí la cuestión se resuelve en una simple disyuntiva excluyente: o bien un enunciado es analítico, o sea, se trata de una tautología o de una contradicción, o bien es empírico, e. d., reducible a lo dado y verificable empíricamente. Las frases analíticas se dan en el dominio de la lógica y la matemática, la cual es reducible a la lógica; las frases empíricas pertenecen a las ciencias reales. Cuestiones irresolubles por principio no hay. El rechazo de la metafísica afecta no sólo a la escolástica y el idealismo alemán, sino también a la teoría apriorística kantiana, dado que la concepción científica del mundo desconoce cualquier tipo de conocimiento basado solamente en la razón pura, o sea, rechaza cualquier juicio sintético a priori. Para la concepción científica del mundo sólo hay dos tipos de enunciados: los *empíricos* y los *analíticos* de la lógica y la matemática.

El desarrollo de las ideas de la concepción *científica* del mundo (por oposición a una concepción metafísico-teológica) en el Primer Congreso fue obra también de Hans Hahn (1930), y de Otto Neurath (1930). Para Hans Hahn (que utiliza siempre las formas "nosotros opinamos", "nosotros nos reconocemos", "nosotros nos oponemos", etc, dando a entender que habla en nombre de los miembros del Círculo de Viena), la base epistemológica sobre la que se asienta la concepción científica del mundo es de tipo lógico-empírica, y sus rasgos característicos son los siguientes:

- 1) sólo la experiencia, la observación, proporciona conocimiento de los hechos del mundo;
- 2) lo único dado son mis experiencias, de modo que sólo es posible considerar significativo lo que es reducible a lo dado, lo que se puede constituir a partir de ello;
- 3) por medio del razonamiento sólo se pueden llevar a cabo transformaciones tautológicas de los enunciados, a fin de extraer frases que estaban contenidas en ellos y que son susceptibles de un mejor control que las primitivas;

- 4) como los únicos medios de conocimiento disponibles son la experiencia y la transformación tautológica, propia ésta de la lógica, y en la matemática la experiencia no entra para nada, se desprende que también la matemática posee carácter tautológico, o sea, forma parte de la lógica.

Los partidarios de la *concepción científica del mundo* preconizan pues un viraje o cambio de rumbo de la filosofía. Precisamente "El Viraje de la Filosofía" es el título del artículo de Moritz Schlick, en el que éste expone las razones y contenido de este cambio de dirección, aportando buenos argumentos en favor de la localización del origen de la teoría de la ciencia en el *Círculo de Viena*. Moritz Schlick se plantea la cuestión del progreso en la filosofía y constata que, en definitiva, cada sistema filosófico comienza nuevamente desde el principio, cada figura del pensamiento ha considerado necesaria una reforma radical de la filosofía y ha intentado llevarla a cabo. Tal constatación sirve sin embargo a Schlick para enmarcar la rotundidad de su siguiente afirmación: "Estoy convencido de que nos encontramos de lleno en un viraje absolutamente definitivo de la filosofía y que estamos efectivamente justificados a dar por concluida la estéril disputa de los sistemas. Así, afirmo que el presente se encuentra en posesión de los medios que hacen innecesaria en principio tal disputa; la cuestión está en aplicarlos con decisión" (Schlick, 1930: 5). Los caminos que conducen a este viraje ya iniciado parten de la lógica; tramos importantes fueron concluidos por Gottlob Frege y Bertrand Russell, pero para el cambio de rumbo definitivo hubo que esperar al *Tractatus logico-philosophicus* de Ludwig Wittgenstein de 1922.

El giro no radica sin embargo en la lógica misma, sino en la captación de la esencia de lo lógico: todo conocimiento es sólo posible gracias a la *forma lógica* por medio de la cual se representa lo conocido. "Cognoscible es todo lo que es expresable, y esto es todo aquello por lo que se puede preguntar con sentido. No existen, pues, cuestiones sin respuesta por principio. Todas las que han sido consideradas hasta ahora tales no son cuestiones genuinas, sino concatenaciones sin sentido de palabras, las cuales tienen la apariencia de preguntas porque parecen satisfacer las reglas usuales de la gramática, pero en verdad sólo constan de sonido vacíos, ya que chocan contra las profundas reglas internas de la sintaxis lógica, que el nuevo análisis ha puesto de manifiesto" (Schlick *op. cit.*, p. 7). Toda cuestión significativa es en principio solucionable, y su verificación consiste en la aparición de determinadas circunstancias constatables por medio de la observación, o sea a través de una experiencia inmediata. De esta forma se averigua en la ciencia la verdad o falsedad de los enunciados. "Cada ciencia (...) es un sistema de conocimientos, o sea, de frases verdaderas de experiencia; y la totalidad de las ciencias,..., es el sistema de los conocimientos; y no existe fuera de él un campo de verdades "filosóficas", la filosofía no constituye un sistema de enunciados, no es una ciencia" (Schlick, 1930: 7-8). ¿Qué es, pues, la filosofía?, se pregunta Schlick, y concluye: "aquella actividad por medio de la cual se pone de manifiesto el sentido de los enunciados. Por medio de la filosofía las frases se clarifican, y por medio de las ciencias se verifican. En éstas se trata de discernir la verdad de los enunciados, en aquélla, qué es lo que expresan" (Schlick, 1930: 8).

La meta de la concepción científica del mundo es la *fundamentación unitaria* de la ciencia. Este proyecto lo llevó a cabo Rudolf Carnap en su *Construcción lógica del mundo* de 1928 -en adelante *CLM*-, donde emprendió la tarea de construir el sistema de la ciencia a partir del dominio de *mis experiencias elementales*, las experiencias concretas de lo inmediatamente dado, aplicando la lógica de Russell. El resultado fue el establecimiento de un *sistema constitucional de los conceptos* provisto de las tres siguientes propiedades capitales:

- 1) Todo enunciado acerca de objetos físicos o psíquicos es reducible a un enunciado acerca de las experiencias concretas que constituyen lo dado.

2) Una frase científica sólo puede contener conceptos cuya constitución sea conocida, o sea, conceptos susceptibles de ser reducidos a lo dado.

3) Toda cuestión científicamente formulable es verificable en principio, o sea decidible por referencia a su valor de verdad, verdadera o falsa.

El programa carnapiano es caracterizable como un sistema constitucional *fenomenalista*, en el que la constitución de los conceptos procede según el orden siguiente: cualidades, sensaciones, sentido de la vista, objetos vistos, mi cuerpo, los restantes conceptos psíquicos propios, los conceptos físicos, el psiquismo ajeno, los conceptos culturales. El *sistema constitucional de los conceptos* constituye sólo una *reconstrucción racional y lógica* del proceso *real* de formación de conceptos en ciencia, pero con él Carnap muestra la existencia de un único dominio de objetos y, por lo tanto, la unidad de la ciencia.

La elección de una base empírica fenomenalista, frente a una base materialista o fisicalista, la justifica Carnap en los siguientes términos: "Yo pensaba que la tarea de la filosofía consistía en reducir todo el conocimiento a una base de certeza. Como el conocimiento más seguro es el de lo inmediatamente dado, mientras que el de las cosas materiales es derivado y menos seguro, me pareció que el filósofo debía emplear un lenguaje que hiciera uso de datos sensibles como base" (Carnap, 1963: 50-51). Y el mismo Stegmüller justifica la elección del sistema constitucional fenomenalista del modo siguiente: "Aunque un programa fisicalista de constitución y reducción es tan conciliable con el empirismo como uno fenomenalista, en ocasiones se le da la preferencia a este último porque sólo el fenomenalista se refiere a lo dado de forma incondicionada, tal como ello se presenta" (Stegmüller, 1969: 27). Para Carnap la elección de la base más adecuada para el sistema que debía ser construido, o bien una fenomenalista, o bien una fisicalista, se planteaba simplemente como una cuestión metodológica. Por ello no sólo no se limitó a mencionar la posibilidad de establecer un sistema constitucional de base física, sino que en *CLM* § 62 propuso ejemplos de formas distintas que éste podría adoptar. Además, en el prólogo a la segunda edición de *CLM*, Carnap destaca especialmente una nueva forma, que considera como elementos fundamentales objetos físicos y como conceptos fundamentales las propiedades y relaciones entre ellos; la preferencia por esta nueva forma se sustenta en el hecho de que por medio de propiedades y relaciones del tipo mencionado se alcanza una mayor coincidencia intersubjetiva, y "Por ello un sistema constitucional con tal base me parece especialmente adecuado para una reconstrucción racional del sistema conceptual de las ciencias reales". Y aunque en *CLM* Carnap puso el acento en el punto de vista epistemológico, fue también una cuestión práctica de preferencia, y no una cuestión teórica de verdad, confiesa en (1963: 50-51), lo que en adelante le hizo decidirse por el fisicalismo, en razón de una evolución filosófica personal favorable al punto de vista real-científico.

### 2.3. *La concepción científica del mundo: fisicalismo y base empírica*

Para el desarrollo de su reconstrucción fisicalista de la ciencia, que considerará el lenguaje físico como la lengua universal de la ciencia, Rudolf Carnap mantiene que "*la ciencia constituye una unidad*: Todos los enunciados son expresables en una única lengua y todos los hechos son de un único tipo y cognoscibles según un único método" (Carnap, 1931: 432), frente a la concepción tradicional de que las ciencias reales se dividen en ciencias de la naturaleza, ciencias del espíritu y psicología, las cuales se diferencian entre sí tanto por su objeto, como por sus fuentes de conocimiento, como por sus métodos. Así, en oposición a la idea tradicional de que: a) las ciencias naturales describen los fenómenos espacio-temporales en base a observaciones y experimentos, establecen por inducción fórmulas generales (leyes de la naturaleza), y por deducción predicen fenómenos singulares, b) los objetos de las ciencias del espíritu son de un tipo por principio diferente a los de las ciencias naturales, por lo que la

metodología de éstas no los puede aprehender, y c) la psicología es una ciencia con un dominio de objetos propios y esencialmente separado de los otros tipos de objetos; o sea, frente a la concepción de que existen tres tipos de objetos por principio distintos: los físicos, los psíquicos y los culturales, Rudolf Carnap insiste en la *tesis de la unidad de la ciencia*.

Tal tesis carnapiana es un reflejo de su concepción de que todas las lenguas empleadas en la ciencia: en biología, psicología, sociología, etc., son reducibles al lenguaje físico, que es intersubjetivo, y puede servir como lenguaje universal, en cuanto que en él puede ser expresado todo estado de cosas. Pero, ¿en qué consiste el lenguaje físico, según Carnap? Materialmente hablando, "El lenguaje físico se caracteriza por el hecho de que un enunciado de la forma más simple (p.e. *En tal punto espacio-temporal la temperatura alcanza tal valor*) indica cuantitativamente el estado de un determinado lugar en un tiempo determinado" (Carnap, 1931: 441). Tal caracterización del lenguaje físico corresponde a la forma tradicional de la física; en este sentido, todo concepto físico es cuantitativo. La conclusión carnapiana por tanto es que *el lenguaje físico es el lenguaje de la ciencia*, dado que, aparte de ella y sus sublenguajes, no se conoce ninguna otra lengua intersubjetiva; además, *la ciencia es el sistema de los enunciados intersubjetivos válidos*. La afirmación de que el lenguaje físico es universal e intersubjetivo constituye la *tesis del fisicalismo* (Carnap, 1932a: 108).

Mas, ¿cómo argumenta Carnap en favor de la consideración del lenguaje físico como lengua universal, o sea como lengua de la ciencia total, en la que todo estado de cosas posible puede ser expresado? Para ello se remite primeramente a las ciencias naturales inorgánicas, tales como química, geología, astronomía, etc., en relación a las cuales no puede plantearse la menor duda sobre la aplicabilidad del lenguaje físico. Por su parte, la aplicación de la tesis del carácter universal del lenguaje físico al dominio de la psicología, supone que "todos los enunciados de la psicología hablan acerca de acontecimientos físicos (a saber, fenómenos físicos en el cuerpo y especialmente en el sistema nervioso central del sujeto correspondiente); (...) con otras palabras, cada concepto psicológico refiere un determinado estado físico de los mencionados fenómenos corporales" (Carnap, 1931: 450). Ciertamente, afirma nuestro autor (1932a: 108-109), que el fisicalismo no debe ser entendido en el sentido de que pretenda prescribir a la psicología que sólo maneje hechos expresables físicamente; más bien se considera que ésta puede tratar de lo que quiera y formular sus frases como quiera; la cuestión está en que estos enunciados sean traducibles al lenguaje físico. Así pues, para todo concepto psicológico tiene que ser establecida una definición a través de la cual pueda ser directa o indirectamente reducible a conceptos físicos. Lo mismo vale decir para los enunciados de la sociología empírica, en cuanto ésta constituye una disciplina que no trata sino de "estados, fenómenos, formas de comportamiento de grupos o sujetos individuales (hombres u otros animales), reacciones recíprocas, y reacciones a sucesos ambientales", es decir, de fenómenos físicos, con lo que las determinaciones y enunciados sociológicos son traducibles a físicos (Carnap, 1931: 415). Éste es también el punto de vista de Neurath.

El resultado final es, pues, que "todo enunciado científico es traducible a la lengua física" (Carnap, *op. cit.*, p. 453). Pues bien, asevera Carnap con rotundidad, "preferimos designar como *fisicalismo* nuestra concepción de que el lenguaje físico es una lengua universal y por ello puede servir como lengua básica de la ciencia" (Carnap *op. cit.*, p. 462), pero añade seguidamente en sintonía con Neurath: "La tesis fisicalista no debe ser malentendida en el sentido de que en cada dominio científico tiene que ser empleada la terminología que se suele emplear en la física. (...) Nuestra tesis sólo afirma que todas estas terminologías son reducibles a determinaciones físicas", y concluye: "Para mayor claridad se puede emplear la denominación *lenguaje fisicalista* en lugar o junto a la de *lenguaje físico* cuando se piensa en la lengua universal que, además de la terminología física (en sentido estricto), también contiene todas aquellas terminologías especiales (p. e. biológica, psicológica, sociológica) que, por medio de definiciones, tienen que ser reducidas

a determinaciones físicas". El resultado es, pues, que la afirmación de la existencia de un lenguaje unificado en la ciencia desplaza a la concepción tradicional de la separación entre ciencias de la naturaleza y ciencias del espíritu; la ciencia constituye un sistema unitario. Los conceptos *fisicalismo* y *ciencia unitaria* están estrechamente vinculados entre sí.

Una tarea urgente a que debe enfrentarse el fisicalismo, según Carnap (1932b: 215) es la rendir cuenta de la fundamentación empírica de la ciencia. Como tuvimos ocasión de exponer al final de la discusión acerca de la construcción fenomenalista de la Ciencia Unitaria, razones de conveniencia real-científica determinaron a los miembros del Círculo de Viena a establecer *frases protocolares* (ó *enunciados observacionales*) en lugar de experiencias elementales, como punto de partida de nuestro conocimiento. Éstas son aquellas frases que muestran una verificación inmediata y poseen un carácter especial ya que constituyen lo último a lo cual los demás enunciados pueden ser reducidos; son la formulación lingüística de una observación, contienen el protocolo originario de un científico. Podemos, pues, considerarlas como aquellas frases que se encuentran *lógicamente* al comienzo de la ciencia. Así asevera: "Los enunciados más simples del lenguaje protocolar se refieren a lo dado; describen los contenidos inmediatos de experiencia..." y se entienden como "frases que no precisan confirmación, sino que sirven de fundamento de los restantes enunciados de la ciencia" (Carnap, 1931: 438). La verificación de las frases científicas se lleva a cabo pues del modo siguiente: a partir de ellas se derivan enunciados del lenguaje protocolar de un determinado sujeto *S*, las cuales son comparadas con sus propias frases protocolares. La comprobación no se lleva, pues, a efecto en las experiencias mismas, sino en enunciados acerca de experiencias. Esto tiene la ventaja de una mayor intersubjetividad. La ciencia consiste pues en un sistema de enunciados que no se deriva de frases protocolares, sino que sólo se contrasta con ellas.

Frente a la opinión defendida por Carnap sobre el carácter *originario* de las frases protocolares como enunciados acerca de lo dado que no precisan ser confirmados, Otto Neurath (1932: 206-207) objeta que es imposible establecer al comienzo de la ciencia frases protocolares definitivamente *seguras* que contituyan el punto de partida. Concepción que reitera afirmando que "no hay para nosotros tabula rasa partiendo de la cual podamos acumular en suelo firme capa sobre capa. Toda la ciencia está siempre en discusión por principio" (Neurath, 1935: 20). La idea del carácter no originario de las frases protocolares es de la mayor importancia en el desarrollo de la concepción fisicalista: frente a Carnap, para quien cualquier frase del sistema científico - excepto las protocolares- puede ser modificada, Neurath propone que cada enunciado de la ciencia unitaria precisa de confirmación, incluidas las protocolares, que incluso pueden ser eliminadas del sistema. Frente al carácter especial que Carnap les otorga, Neurath las considera frases reales igual que los demás enunciados del sistema. Para Neurath las frases protocolares *no están lógicamente* al principio de la ciencia, sino que meramente expresan las observaciones de un individuo en un momento y lugar determinados; poseen pues, simplemente, el carácter de objetos físicos reales que se encuentran *temporalmente* al principio de la ciencias. En conclusión: "ni hay *enunciados protocolares iniciales*, ni hay frases que *no precisan confirmación*" (Neurath, 1932: 211).

#### 2.4. De la fundamentación del conocimiento al fisicalismo radical

¿Cómo ve Karl Popper la situación planteada por la discusión Carnap/Neurath acerca de la naturaleza y papel de los enunciados protocolares? En su *Lógica de la investigación científica* - en adelante *LIC*-, capítulo V, Popper se propone dilucidar la problemática concerniente a la base empírica de la ciencia, lo que a fortiori le lleva a encarar la cuestión positivista de las frases protocolares. El problema de la fundamentación de los enunciados de experiencia conduce, en su opinión, al trilema *dogmatismo-regreso infinito-psicologismo*. En efecto, si no se quiere

introducir dogmáticamente los enunciados científicos, entonces hay que justificarlos lógicamente, método que, por suponer la reducción de enunciados a enunciados, implica un regreso *ad infinitum*; la evitación de este riesgo aconsejaría una decisión en favor de la solución alternativa, a saber, que los enunciados no se fundamenten en frases sino en experiencias de percepciones. En concreto, esta concepción psicologista alternativa subyace a la teoría neurath-carnapiana de la base empírica, la cual ciertamente no habla de experiencias, sino de frases protocolares que representan experiencias (Popper, 1935: 61-62).

Para Popper, la concepción de Neurath representa sin embargo un progreso considerable respecto de la de Carnap, dado que para el primero los enunciados de experiencias que son las frases protocolares pueden ser rechazados a veces; sin embargo, "este paso tiene que ser completado mediante la indicación de un procedimiento que restrinja la arbitrariedad de las *eliminaciones* (y también de la *aceptación* de frases protocolares); Neurath, que omite esto, arroja sin quererlo el empirismo por la borda: los enunciados empíricos ya no se distinguen de cualesquiera sistemas de frases; *cada* sistema puede ser defendido si se pueden eliminar sencillamente las frases protocolares que a uno no le convienen". Frente a la concepción de Carnap y Neurath de que la ciencia empírica *parte* de percepciones, caracterizada por la pregunta carnapiana *¿a qué es reducible nuestro conocimiento?, ¿cómo puedo fundarlo?*, Popper propone su sustitución por ésta otra: *¿cómo podemos criticar óptimamente nuestras teorías (hipótesis, conjeturas)?* Razón: la opinión de que los enunciados empíricos de la ciencia se basan en experiencias de percepciones, de que nuestro conocimiento guarda relación con experiencias, sólo interesa al psicólogo, en modo alguno al teórico del conocimiento. Desde el punto de vista metodológico, lo único que interesa es que los enunciados de la ciencia empírica estén formulados de forma tal que se garantice su comprobabilidad. Popper introduce pues la *falsabilidad* como criterio del carácter empírico de un sistema de enunciados; ésta supone una relación lógica entre una teoría y las frases básicas en el siguiente sentido: "Una teoría se denomina *empírica* o *falsable* si divide claramente la clase de todas las frases básicas posibles en dos subclases no vacías: la de todas las que *prohíbe* o sea, con las que entra en contradicción -la denominamos *clase de las posibilidades de falsación de la teoría-*, y la de aquellas que *permite*, con las que no entra en contradicción. O más brevemente: Una teoría es falsable cuando la clase de sus posibilidades de falsación no es vacía" (Popper 1935: p. 53). Las frases básicas describen acontecimientos singulares, y su forma lógica es la de enunciados existenciales singulares, lo cual las capacita para ser intersubjetivamente comprobables por medio de observación.

Pues bien, la concepción popperiana de las frases básicas contribuye a la solución del trilema arriba mencionado de la forma siguiente: En el proceso de comprobación de toda teoría nos detenemos en unas frases básicas que reconocemos como suficientemente probadas, pero que en modo alguno son enunciados de experiencia o frases protocolares; antes al contrario, las frases básicas son reconocidas por medio de estipulaciones; su estipulación, afirma Popper, "se produce con ocasión de una aplicación de una teoría y es una parte de esta aplicación, por medio de la cual probamos la teoría; al igual que la aplicación, la estipulación es una acción metodológica orientada por reflexiones teóricas" (Popper, *op. cit.*, p. 71). La diferencia entre Popper y el positivismo radica en que "las decisiones acerca de las frases básicas no *se fundan* en nuestras experiencias, sino que son, lógicamente consideradas, *estipulaciones arbitrarias*". En consecuencia, ni el problema del dogmatismo (ya que las frases básicas son siempre susceptibles de comprobaciones posteriores, si el caso lo requiere), ni el del regreso infinito (pues el reconocimiento de las frases básicas se produce por estipulación), ni el del psicologismo (dado que éstas no son enunciados protocolares) aparecen en la concepción de Popper.

La cuestión que inmediatamente surge es si la posición popperiana ejerció algún tipo de influencia en la concepción positivista acerca de la base empírica de la ciencia, y, en caso afirmativo, en qué medida se produjo. Pues bien, la concepción popperiana de las frases básicas

fue decididamente aceptada por Carnap como la forma más adecuada en que los enunciados protocolares fundamentan empíricamente la ciencia; lo que implicó la radical superación del *absolutismo idealista de lo dado* contenido en su epistemología precedente. Superación que ya había comenzado cuando Neurath se negó a reconocer el carácter irrevocable de los enunciados protocolares, y que con Popper dio el paso definitivo, cuando éste determinó que en los procesos de comprobación no hay frases últimas. Así, Carnap (1932b: 224-226) admite: 1) que cualquier enunciado concreto del lenguaje fisicalista puede servir como frase protocolar; 2) que, a efectos de comprobación, es una cuestión de estipulación la determinación de las frases que han de servir como enunciados protocolares; 3) que no existen frases absolutamente primitivas para la construcción de la ciencia; 4) que los protocolos se presentan en la forma en que los científicos especializados los formulan, y consisten en frases sobre percepciones, sucesos observados, informes ajenos, etc; 5) que toda frase protocolar que no concuerda con enunciados ya reconocidos plantea la conveniencia de su modificación, o bien la revisión de las frases concretas en cuestión, o bien la de las leyes con cuya ayuda éstas fueron deducidas, etc.

En su comentario a *LIC* de Popper, Carnap (1935: 290) identifica las *frases básicas* popperianas con sus *frases protocolares*, a las que ya no considera *frases de experiencias*, y el fisicalismo acaba adoptando finalmente un sesgo *radical*, cuyas tesis son expuestas por Otto Neurath (1934: 349-349): primera, las frases reales de la ciencia y los enunciados protocolares que se emplean como control, se eligen en base a decisiones y pueden ser modificados por principio (en oposición a la objeción de Schlick de que al fisicalismo radical le falta el terreno firme de una seguridad absoluta); segunda, se reconoce como *falsa* una frase científica cuando no concuerda con los demás enunciados del sistema. *Verdad* significa pues lo mismo que *consistencia*, en oposición nuevamente a la opinión de Schlick de que el fisicalismo carece de un criterio unívoco de verdad --expresado por la vieja formulación '*correspondencia con la realidad*' - pues la consistencia sólo puede ser considerada respecto a enunciados que expresan *hechos de observación inmediata*;; tercera, el control de las frases reales se lleva a cabo en los enunciados protocolares, por lo que toda confrontación *con la realidad* es rechazada; y cuarta, son pseudoenunciados todos aquellos que tratan acerca de objetos y sucesos no noticiables. Obviamente la objeción schlickiana de que para los fisicalistas radicales la fundamentación del conocimiento carece de seguridad absoluta, está completamente fuera de lugar ya que ellos mismos consideran que carece de sentido buscar tal tipo de fundamentación empírica, lo cual, por otra parte, está estrechamente vinculado a la concepción de la verdad como *coherencia*, frente a la verdad como *correspondencia*; *verdadero* y *falso* sólo poseen sentido en relación a un sistema determinado y no en absoluto.

## 2.5. Demarcación e inducción en ciencia. El enfoque de Popper

En las antípodas de las posiciones neopositivistas, Popper por su parte no sólo ha resuelto ya por las mismas fechas el *problema de la demarcación*, gracias al establecimiento de la *falsabilidad en sentido lógico* como *criterio de científicidad*, sino también el *problema de la inducción*, cuya solución produce un vuelco radical en la metodología de la ciencia. La cuestión de la *validez* de las generalizaciones, hipótesis y teorías científicas constituye para él (Popper, 1935: §1) el *problema de la inducción*. Se presenta como problema debido a la aparente contradicción entre el *principio fundamental del empirismo*, según el cual sólo la experiencia puede decidir sobre la verdad o falsedad de los enunciados, y el *principio de invalidez de la inducción* de Hume. No obstante, como este principio es compatible con el hecho lógicamente legítimo de que la experiencia puede decidir sobre la falsedad de enunciados, la negación de la validez lógica de la inducción como inferencia conservadora de la verdad y ampliadora del contenido, con lo único que es incompatible es con la idea de que la experiencia pueda decidir

sobre la verdad de enunciados generales. Esto es precisamente lo que Popper sostiene: "La inducción no existe. La inferencia a partir de enunciados singulares verificados empíricamente a la teoría es lógicamente ilegítima, las teorías nunca son verificables empíricamente." (Popper, 1935: §6) La conclusión es inmediata: el problema lógico-metodológico de la inducción no es irresoluble, sino que admite una respuesta negativa, a saber: las teorías no son empíricamente verificables. He aquí donde el recién resuelto "problema de la inducción" engarza con el "problema de la fundamentación del conocimiento", que había llevado a Popper a considerar la *falsabilidad en sentido lógico* de las proposiciones científicas como el *criterio de demarcación* entre ciencia y no ciencia. De manera obvia, la falsabilidad de las leyes y teorías científicas es también la propiedad que se desprende de la solución negativa del problema de la inducción. En efecto, frente a la tesis neopositivista de la *decidibilidad total* de las proposiciones científicas, para Popper éstas sólo son *parcialmente decidibles*, y en particular, *unilateralmente falsables*. La experiencia sólo puede decidir si una proposición es falsa, nunca si es verdadera.

Si bien hay que reconocerle a Popper el mérito de haber desencadenado una campaña antiinductivista en toda regla a lo largo de su extensa producción filosófica, no es menos cierto que ésta vino ya precedida de agudos argumentos en favor del método hipotético-deductivo por parte de científicos de talla reconocida. Basta hojear Duhem (1906, cap. VI: §§ 4-7) y Einstein (1907: Apéndice 3; y 1992: 83) para constatar el rechazo de la inducción en la metodología de la física teórica de principios de siglo XX.

La revolución einsteiniana había inspirado la concepción *crítica* de Popper acerca de la metodología de la ciencia: "Einstein intentó destacar aquellos casos que, desde un punto de vista crítico, pudiesen refutar su teoría; y dijo que si estas cosas pudiesen ser observadas la abandonaría inmediatamente." (Popper 1982a: 13) Gracias a Einstein Popper llegó a la conclusión de que la verdadera actitud científica es aquella que, en lugar de buscar verificaciones, intenta someter a las hipótesis científicas a pruebas rigurosas con la intención declarada de falsarlas. Pero esta misma revolución le ofreció también un argumento excelente en favor de la irrelevancia del método inductivo en ciencia: "Desde Einstein debería estar claro que no puede existir ningún principio inductivo -un principio que validara la inferencia inductiva. Pues si una teoría tan bien confirmada como la de Newton pudo ser encontrada falsa, entonces es claro que ni siquiera la mejor evidencia inductiva puede garantizar nunca la verdad de una teoría." (Popper 1985: §5) Y de paso le ayudó a comprender el carácter meramente *conjetural* o *hipotético* de las teorías científicas: "En los años veinte comprendí lo que la revolución einsteiniana significó para la epistemología: Si la teoría de Newton, que estaba rigurosamente testada, y que se había corroborado mejor que lo que un científico nunca pudo soñar, se reveló como una hipótesis insegura y superable, entonces no había ninguna esperanza de que cualquier teoría física pudiese alcanzar más que un status hipotético." (Popper 1979: XVIII) La naturaleza conjetural de las teorías se seguía directamente de la prueba de la invalidez de la inducción, pues no siendo empíricamente verificables, su aceptación sólo podía ser tentativa y provisional.

El rechazo del inductivismo y de la idea de fundamentación empírica de la ciencia por Popper produjo novedades muy importantes en metodología y en epistemología:

1. El rechazo de la inducción supuso su sustitución por el método hipotético-deductivo como forma característica de la metodología de la ciencia.
2. El criterio neopositivista de demarcación fue sustituido por la exigencia de falsabilidad en sentido lógico de las teorías científicas.
3. A la doctrina de la fundamentación del conocimiento sobre una base de certeza le siguió la idea de pruebas severas de las hipótesis y teorías, llevadas a cabo metódicamente, como norma por excelencia en la ciencia moderna.

4. Las actitudes falibilistas y falsacionistas sustituyeron al dogmatismo verificacionista en la metodología de la ciencia.
5. La idea del carácter crítico, conjetural o hipotético del conocimiento ocupó el lugar del ídolo de certeza en ciencia.
6. Incluso la evaluación probabilista de las teorías fue declarada inviable, imposible la probabilidad inductiva.

### 3. Refutaciones empíricas, inconmensurabilidad y la racionalidad de las revoluciones científicas

#### 3.1. Los dos significados de falsabilidad

A pesar de que Popper distinguió siempre la *falsabilidad en sentido lógico* de la *falsabilidad en sentido práctico*, su propuesta fue ampliamente mal comprendida -incluso llegó a establecerse una distinción ridícula entre diferentes Popper<sub>0</sub>, Popper<sub>1</sub>, Popper<sub>2</sub>-. La primera es sencillamente el criterio popperiano de demarcación entre ciencia y pseudociencia: para que una teoría sea científica debe ser falsable, esto es, la clase de sus falsadores posibles no puede ser vacía; ello obliga a quien mantiene el estatus científico de una teoría a señalar algunas de sus posibilidades de falsación. Así, tomando prestada la caracterización *estructuralista* de *teoría física*, podríamos decir que Popper concibe toda teoría científica  $T$  como un par ordenado  $\langle K, F \rangle$ , donde  $K$  denota el núcleo matemático de  $T$ , y  $F$  designa la clase de sus posibilidades de falsación (Rivadulla, 2004:92). Einstein mismo concebía la falsabilidad como un requisito fundamental de científicidad: la teoría de la relatividad exige que las leyes generales de la Naturaleza sean invariantes en un transformación de Lorentz: "Si se encontrara una ley general de la Naturaleza que no cumpliera esa condición, quedaría refutado por lo menos uno de los dos supuestos fundamentales de la teoría." (Einstein, 1917: §14)

Falsabilidad y progreso científico mantienen la siguiente relación: una teoría es tanto más preferible cuanto más falsable es. Si, además, la teoría no sólo explica aquello para lo que fue diseñada, sino que incluso implica nuevas consecuencias testables, la teoría se dice que es testable independientemente. Pues bien, si una teoría es falsable y/o independientemente testable, se considera potencialmente progresiva. Si además es empíricamente exitosa, e.d. si ha pasado las pruebas a que ha sido sometida, decimos que implica incluso *progreso real*. Y, aunque la corroboración empírica siempre es provisional, es obvio que una teoría corroborada es preferible a una teoría refutada. Finalmente, la corroboración depende de la severidad de las pruebas, no de su número. Para el progreso científico son pues importantes tanto el éxito en la refutación de las teorías, como el fracaso en los intentos de refutación.

Falsabilidad en sentido práctico significa por su parte realizabilidad de una refutación. Éste no es el sentido en el que Popper solía hablar de refutabilidad. Es más, entendía que una teoría falsable en sentido lógico difícilmente podía ser considerada falsable en sentido práctico. La razón es que casi siempre resulta posible inmunizar una teoría frente a la falsación por medio de hipótesis ad hoc. No obstante, las refutaciones juegan para él un papel muy importante en ciencia, pues pueden abrir las puertas a revoluciones científicas.

Esta clara distinción entre ambos usos de *falsabilidad* no ha sido reconocida por los críticos de Popper, quienes han arguido que, como las teorías de la ciencia son difícilmente refutables, es la práctica científica la que de hecho refuta el criterio popperiano de demarcación. Lakatos por ejemplo reprochó a Popper que la falsación de una teoría no es condición necesaria ni suficiente para su eliminación de la ciencia: siempre que exista una teoría alternativa con un superávit de contenido corroborado ésta será considerada aceptable, independientemente de si la otra ha sido refutada o no. Pero tampoco le parece una condición suficiente, pues no se puede

renunciar a una teoría mientras no haya alternativas disponibles. La confusión entre los significados lógico y práctico de *falsabilidad*, así como las serias dificultades de orden práctico que conlleva declarar falsada una teoría, condujeron a Lakatos a rechazar la viabilidad del criterio de demarcación de Popper. Contra el supuesto *falsacionismo ingenuo* de Popper, Lakatos observa además que nunca un *experimento crucial* basta para declarar refutada a una teoría, o a todo un programa de investigación. La explicación por la teoría general de la relatividad del perihelio de Mercurio constituyó una refutación excelente del programa Newtoniano, pero a veces transcurre mucho tiempo hasta que una predicción se confirma, aduce Lakatos, como p. e. las fases de Venus y la órbita del cometa Halley. Sin embargo Popper mismo reconoce que una refutación no es necesariamente un proceso de racionalidad instantánea: "Muy frecuentemente transcurre mucho tiempo hasta que una refutación se consolida, lo que ocurre cuando la teoría falsada ha sido superada por una teoría mejor. Según una idea de Max Planck, a veces es preciso esperar a que surja una generación nueva de científicos." (Popper, 1991: 8)

No parece pues que las ideas de Lakatos en metodología del progreso científico aporten muchas novedades frente a Popper. Lakatos no entendió que la explicación popperiana del progreso científico no depende de la falsabilidad en sentido práctico de las teorías, y no se ve entonces cómo la práctica científica refuta el criterio de demarcación de Popper. Finalmente, aunque Lakatos reprocha a Popper una actitud apriorística en teoría de la ciencia, él mismo acepta como racional el comportamiento de la élite científica; así que no se entiende cómo su *metodología de los programas de investigación científica* puede ofrecer una mejor comprensión de la racionalidad de la ciencia que la propia teoría popperiana de la racionalidad científica (Rivadulla 1990b: §5, y 2004: 92-94).

También Kuhn confunde lamentablemente los dos significados de *falsabilidad*: "Karl R. Popper [...] acentúa la importancia de la falsación [...] Claramente el papel atribuido a la falsación es muy similar al que en este libro se asigna a las experiencias anómalas [...]. Sin embargo, éstas no se pueden identificar con las experiencias falsadoras. Incluso dudo mucho de que éstas últimas existan. Como ya he insistido antes, ninguna teoría resuelve nunca todos los enigmas con los que se confronta en un momento dado [...] Antes al contrario, es precisamente la incompletud y la imperfección de la adecuación entre la teoría y los datos disponibles lo que define en un momento dado muchos de los enigmas que caracterizan la ciencia normal. Si todos y cada uno de los fallos de adecuación fueran causa del rechazo de teorías, entonces todas las teorías deberían ser rechazadas en cualquier momento." (Kuhn 1962: 146). Y se equivoca flagrantemente al entender que la tesis principal de Popper en teoría de la ciencia es la falsabilidad en sentido práctico en lugar de la falsabilidad en sentido lógico.

### 3.2. Refutaciones empíricas y revoluciones científicas

Los críticos de Popper han señalado que, para que se produzca una revolución científica no es necesario que ésta comience con la refutación empírica de una teoría. Popper mismo no se ocupó especialmente del papel que juegan las refutaciones en ciencia, e incluso en varias ocasiones en *Los dos problemas fundamentales de la epistemología* y en *La Lógica de la Investigación Científica* mantuvo que las teorías que son falsables en sentido lógico no son necesariamente refutables en sentido práctico. Sin embargo reconoce que en la historia de la ciencia se han producido refutaciones muy importantes, y que varias de ellas han introducido revoluciones científicas, por lo que el papel que éstas juegan en la metodología de la ciencia no es despreciable en absoluto. La íntima vinculación que existe entre refutaciones y revoluciones la expresa Popper en los términos siguientes: "para que una nueva teoría constituya un descubrimiento o un paso hacia delante deberá entrar en conflicto con su predecesora, es decir, deberá conducir al menos a algunos resultados conflictivos. Pero esto significa, desde un punto

de vista lógico, que deberá contradecir a su predecesora: deberá derrocarla." (Popper, 1983: Sección VIII)

Las refutaciones juegan ciertamente un papel muy importante en la historia de la física, pues suelen abrir las puertas a teorías más explicativas. Así, la propuesta de Johannes Kepler de órbitas planetarias elípticas en su *Astronomia nova* de 1609 se debió a la incompatibilidad de las órbitas circulares con las observaciones de los movimientos orbitales de Marte. Este fue el primer paso de una extraordinaria revolución en astronomía, pues tras dos mil años, la concepción de la circularidad de los movimientos planetarios sufrió un cambio radical. Además, su *segunda ley* rompió con otro de los grandes mitos astronómicos desde Platón: el de que los movimientos planetarios debían ser regulares y uniformes. Como resultado de ello, la teoría heliocéntrica de Copérnico, no sólo fue mejorada matemáticamente y apoyada por observaciones, sino que se incorporó a una teoría planetaria más explicativa. Cuando las leyes de Kepler recibieron a su vez una explicación dinámica en el contexto de la mecánica newtoniana, la revolución copernicana concluyó el proceso de su consolidación.

Una larga serie de refutaciones de la mecánica clásica comienza cuando Albert Einstein extrae la consecuencia más importante del experimento de Michelson-Morley: la velocidad de la luz es invariante e independiente del estado dinámico de los observadores. Este *principio* era sin duda mucho más importante que el conocimiento del carácter finito de la velocidad de la luz, un hecho ya establecido desde la segunda mitad del XVII, cuando el astrónomo danés Ole Roemer calculó por vez primera en 1676 el valor de  $c$ . La hipótesis de partida del citado experimento, basada en las *Transformaciones de Galileo*, era que el tiempo consumido por un rayo de luz en la dirección paralela al movimiento de la Tierra debía ser diferente del tiempo transcurrido para que otro rayo en la dirección perpendicular cubriera exactamente la misma distancia. El resultado experimental mostró que éste no era el caso, y Einstein propuso la hipótesis de que la velocidad de la luz debía ser constante en todas las direcciones, e independiente del estado dinámico del observador. Además, con la sustitución de las transformaciones de Galileo por las *Transformaciones de Lorentz* observadores inerciales que relacionan sus medidas por medio de éstas obtienen siempre el mismo valor para  $c$ ; ello llevó a Einstein en "Zur Elektrodynamik bewegter Körper", de 1905, a la formulación del *Principio de la Relatividad Especial*, según el cual los observadores inerciales que relacionen sus medidas por medio de las Transformaciones de Lorentz obtendrán siempre la misma expresión de las leyes de la Naturaleza. La propiedad mencionada de la propagación de la luz constituye un principio fundamental de la teoría de la relatividad y restringe la validez de las Transformaciones de Galileo, ya que éstas prohíben que las medidas de la velocidad de una partícula, realizadas por observadores inerciales que se separan uno de otro con velocidad constante, tengan el mismo valor. En conclusión, si el experimento de Michelson-Morley pone al descubierto la invariancia de la velocidad de la luz, produce entonces la refutación empírica de las Transformaciones de Galileo.

Supuesto este resultado, dos nuevas refutaciones de conceptos fundamentales de la mecánica newtoniana se sucedieron inmediatamente: *espacio* y *tiempo*, considerados por Newton como absolutos, resultaron ser definitivamente dependientes del observador. Hablamos, claro está, de los efectos relativistas típicos de *dilatación del tiempo* y *contracción de longitudes*.

Las refutaciones se presentan fundamentalmente de dos formas: o bien porque los hechos se resisten a amoldarse a lo que la teoría vigente prescribe, o bien porque desde una teoría nueva alternativa se prescriben pruebas a la teoría anterior, es decir, se predicen observaciones que deberían ser explicadas por la teoría precedente, si fuera verdadera. En el primer caso el peso de la refutación empírica recae en la incapacidad de la teoría para enfrentarse a situaciones generalmente nuevas que proporciona la experiencia, mientras que en el segundo caso el peso recae en la incompatibilidad teórica explícita de dos teorías en competencia. Ejemplos del primer caso serían, entre muchísimos otros, la órbita *anómala* de Marte, el efecto fotoeléctrico, o el

experimento de dispersión de partículas alfa de Rutherford. Ejemplos del segundo caso podríamos considerar típicamente las pruebas propuestas desde la teoría de la relatividad a la mecánica newtoniana, no superadas por ésta.

Una de las consecuencias más dramáticas para la mecánica newtoniana es la que afecta a la segunda ley de la dinámica. En el caso de una partícula muy energética que describe una trayectoria curvilínea, la fuerza que actúa sobre ella no es paralela a la aceleración, con lo que  $F=m.a$  carece de validez. Esta ley tampoco vale si la partícula describe una trayectoria rectilínea. Como corolario de la noción relativista de fuerza vale que la velocidad de una partícula sometida a la acción de una fuerza constante durante un tiempo largo, no puede superar el valor de la velocidad de la luz en el vacío.

El papel central que las refutaciones juegan en el desarrollo de revoluciones científicas se puede ver también en el siguiente ejemplo tomado de la historia temprana de la astrofísica y la cosmología. Las transformaciones de Lorentz de la energía y la cantidad de movimiento permiten deducir la transformación de las frecuencias de las ondas electromagnéticas, medidas por un observador inercial  $O'$ , que se separa con velocidad constante de otro observador  $O$ . Si  $O$  se encuentra en reposo en relación a la fuente de ondas electromagnéticas, entonces la comparación de las frecuencias medidas por ambos observadores llevan a la conclusión de que el valor medido por  $O'$  es menor que el medido por  $O$ . Este resultado teórico de la física matemática se ha observado empíricamente, y se ha denominado *desplazamiento hacia el rojo*. Pues bien, este fenómeno apoya a la teoría de la expansión del Universo, cuya primera prueba empírica la dio Vesto Melvin Slipher, cuando entre 1912 y 1922 midió velocidades de escape de multitud de galaxias. En 1922 Edwin Powell Hubble publicó su famosa ley sobre la velocidad de recesión de las galaxias. Estos descubrimientos cambiaron drásticamente la imagen del Universo: de un cosmos estático a un universo dinámico.

La responsabilidad de la concepción de un Universo estático curiosamente es de Einstein, quien en sus ecuaciones del campo gravitatorio introdujo una constante cosmológica, que daba como solución de las mismas un modelo estático del Universo. Sin embargo ya en 1922 Alexander Alexandrovich Friedmann había propuesto un modelo de Universo en expansión compatible con la teoría general de la relatividad de Einstein. Muy pronto, éste admitió su error. El propio Stephen W. Hawking proclama que Friedmann había predicho, años antes del descubrimiento de Hubble, lo que éste encontró observacionalmente. Como Hawking (1988: 64) afirma solemnemente que el descubrimiento de la expansión del Universo ha sido una de las revoluciones intelectuales más grandes del siglo XX, vemos que la refutación de la teoría einsteiniana del Universo estacionario ofrece un ejemplo excelente de revolución científica introducida por una refutación empírica.

Muchas refutaciones importantes preparan el terreno de las teorías acerca de la estructura de la materia, y de la revolución cuántica. La teoría atómica de Dalton resultaba insostenible por su incapacidad para explicar fenómenos tales como la electrolisis, la radiactividad natural, etc. El descubrimiento de partículas subatómicas como electrones, protones y neutrones supuso su abandono definitivo. Por su parte el experimento de Ernest Rutherford en 1911 mostró la incompatibilidad del modelo atómico de *chirimoya* de Joseph John Thomson con las observaciones de dispersión de partículas alfa (núcleos de Helio) por delgadas placas metálicas, postuló la existencia de núcleos atómicos, y propició el desarrollo de la física nuclear.

La teoría ondulatoria de la luz se mostraba también ineficaz a la hora de dar cuenta del *efecto fotoeléctrico*. Conocido como *efecto Hallwachs*, por Wilhelm Hallwach, quien junto con Heinrich Hertz lo había observado en torno a 1887, este fenómeno consiste en que un rayo de luz monocromática de frecuencia apropiada que incide sobre una superficie metálica produce un desprendimiento de electrones. Este efecto se puede intentar explicar por la teoría ondulatoria de la luz: el electrón, al ser excitado por la onda, oscilaría con amplitud creciente hasta desprenderse

de la superficie metálica, y el proceso sería tanto más rápido, cuanto mayor fuera la intensidad de la radiación incidente. No obstante debería transcurrir un tiempo suficiente hasta que el electrón acumulase la energía necesaria para poder desligarse. Las observaciones refutaban empero estas hipótesis, pues en el efecto fotoeléctrico la emisión de electrones es instantánea, y como había demostrado Philipp von Lenard, la energía de los electrones desprendidos no aumentaba con la intensidad de la radiación incidente, que, por tanto, no era la responsable del efecto, sino sólo la frecuencia de la radiación. No pudiendo pues ser explicado este efecto constituyó una anomalía importante de la teoría ondulatoria de la luz. Por otra parte, hacia 1900 la teoría electromagnética de la luz también era incapaz de dar cuenta de la llamada *radiación del cuerpo negro*, ya que los experimentos contradecían el supuesto del electromagnetismo clásico, según el cual la intensidad de la radiación aumenta con la frecuencia. Para explicar el fenómeno, Max Planck abandonó el cómodo suelo de la física clásica e introdujo la hipótesis de la cuantización de la energía, abriendo así las puertas de la teoría cuántica. Einstein aplicó la hipótesis de Planck para la explicación del efecto fotoeléctrico en 1905, lo cual fue confirmado experimentalmente por Millikan en 1916, quien publicó sus resultados en "A Direct Photoelectric Determination of Planck's  $h$ " (Rivadulla, 2004: 96-98).

En conclusión procede afirmar:

- 1) Que en física existen experimentos cruciales y observaciones críticas.
- 2) Que éstos suelen abrir las puertas de teorías nuevas más comprehensivas, que contradicen muchos de los conceptos fundamentales de las precedentes.
- 3) Como vamos a ver seguidamente, que si estas teorías nuevas son revolucionarias, suelen incorporar a las anteriores como casos límite.

### 3.3. *Incommensurabilidad y la racionalidad del desarrollo científico*

En su Herbert Spencer Lecture de 1973, Popper arguye en favor de la racionalidad de las revoluciones científicas que "una revolución científica, por radical que sea, no puede romper realmente con la tradición, ya que ha de preservar el éxito de sus predecesoras" (Popper, 1983: 140). La mecánica newtoniana se acepta como aproximadamente válida cuando las partículas se mueven con velocidades que son pequeñas comparadas con la velocidad de la luz. Así concluye "que la teoría de Einstein puede ser comparada punto por punto con la de Newton y que preserva a la teoría de Newton como una aproximación" (Popper *op. cit.*, p. 138). Un hecho que constituye un ejemplo de su criterio general de la racionalidad del progreso científico: "el progreso en ciencia, pese a ser revolucionario antes que meramente acumulativo, es en un cierto sentido siempre conservador: una nueva teoría, por revolucionaria que sea, debe siempre ser capaz de explicar plenamente el éxito de su predecesora. En todos aquellos casos en que su predecesora era aplicable, la nueva teoría debe producir resultados por lo menos tan buenos como los de la anterior, y, de ser posible, aún mejores. Así pues, en estos casos la teoría precedente debe aparecer como una buena aproximación a la nueva teoría; mientras que habrá sin duda alguna otros casos en los que la teoría reciente producirá resultados diferentes y mejores que la antigua." (Popper *op. cit.*, p. 125) Esta concepción de una teoría como caso límite de otra no es reciente empero en la teoría de la ciencia de Popper; ya en (1935: §79) Popper mantiene este punto de vista.

La idea procede sin embargo de Einstein, quien asevera que cuando se aplican las ecuaciones de la teoría general de la relatividad a casos en que los campos gravitatorios son débiles y los cuerpos se mueven con velocidades pequeñas comparadas con la velocidad de la luz, entonces se obtiene la teoría newtoniana como primera aproximación. La sugerencia de Einstein de la existencia de un *límite newtoniano* de la teoría de la relatividad constituye hoy en

día un tópico universalmente asumido en física teórica. Así, el premio Nobel Lev Landau afirma que "El paso de la mecánica relativista a la clásica se puede conseguir formalmente determinando el límite  $c \rightarrow \infty$  en las fórmulas de la mecánica relativista" (Landau, 1992: 3). Idea que encontramos repetida en Steven Weinberg, en Misner, Thorne y Wheeler, etc. Incluso encontramos afirmaciones de que el éxito de la teoría Newtoniana debe ser contemplado como una confirmación de la teoría general de la relatividad, ya que aquella habría que considerarla una aplicación de ésta en situaciones de campos débiles y velocidades pequeñas. Es el caso por ejemplo de Peter G. Bergmann, en su artículo "Relativity", en el Vol 26 de *Encyclopaedia Britannica*. Entre los restantes filósofos de la ciencia, también encontramos repetida esta idea, por ejemplo en alguien tan alejado de las posiciones popperianas como Joseph Sneed (1971: 305-306), quien considera un *hecho interesante* que la mecánica clásica de partículas se encuentre en una relación de reducción con la teoría especial de la relatividad, o el propio Wolfgang Stegmüller (1980: 48), que sostiene que el progreso científico se puede explicar por medio de un concepto apropiado de reducción interteórica.

Estas circunstancias no pueden sin embargo llevarnos a aceptar sin más el triunfo del concepto de reducción, porque filósofos como Kuhn, Feyerabend, el propio Sneed, etc., se han encargado de señalar la existencia de una circunstancia supuestamente inevitable en las revoluciones científicas: la *inconmensurabilidad*, que amenaza de entrada seriamente la racionalidad del cambio científico. La tesis de la inconmensurabilidad está estrechamente relacionada con la tesis de Quine, denominada de *subdeterminación empírica de la ciencia*, que afirma la posibilidad en principio de concurrencia de teorías lógicamente incompatibles pero empíricamente equivalentes, y que comporta obviamente el *colapso de la decidibilidad* entre teorías competidoras, al tiempo que abre las puertas al irracionalismo o al relativismo en ciencia. Igual resultado se sigue de la existencia de inconmensurabilidad entre teorías separadas por una revolución científica que, según Kuhn, comporta que, ni el razonamiento lógico, ni el recurso a la experiencia, constituyen instancias determinantes en la elección de teorías en competencia. Muy influido por los escritos de Quine, Kuhn avanza hacia un análisis de la inconmensurabilidad en términos de significado y traducción, de forma que la inconmensurabilidad acaba siendo fundamentalmente concebida como un *fracaso de la traducción* entre teorías con estructuras conceptuales incompatibles. Ésta puede ser considerada también la idea central de inconmensurabilidad defendida por Feyerabend en "Erklärung, Reduktion und Empirismus". En efecto, si el significado de los términos descriptivos de una teoría está dado contextualmente, la traducción entre teorías con estructuras diferentes resulta imposible, ya que el significado de los términos no se conservaría. Si además se mantiene que *el significado determina la referencia*, entonces el conflicto entre una teoría en crisis y una teoría emergente se manifiesta en que ésta dice cosas distintas sobre objetos diferentes. La consecuencia inmediata de la inconmensurabilidad es, como en el caso de Quine, el *colapso de la decidibilidad*. No tiene pues nada de extraño que el cambio teórico fuese explicado por Kuhn en términos psico-sociológicos de conversión, proselitismo, etc.

Los rasgos generales que caracterizan una situación de inconmensurabilidad, según Kuhn son los siguientes: "En primer lugar, los proponentes de paradigmas en competencia estarán a menudo en desacuerdo con respecto a la lista de problemas que cualquier candidato a paradigma deba resolver. Sus normas o sus definiciones de ciencia serán diferentes." "Sin embargo, está implicado algo más que la inconmensurabilidad de las normas. Puesto que los nuevos paradigmas nacen de los antiguos, incorporan ordinariamente gran parte del vocabulario y de los aparatos, tanto conceptuales como de manipulación, que previamente empleó el paradigma tradicional. Pero es raro que empleen exactamente del modo tradicional esos elementos que han tomado prestados. En el nuevo paradigma, los términos, los conceptos y los experimentos antiguos entran en relaciones diferentes unos con otros. El resultado inevitable es lo que debemos llamar, aunque

el término no sea absolutamente correcto, un malentendido entre escuelas en competencia.” “La comunicación a través de la línea de división revolucionaria es inevitablemente parcial.” (Kuhn, 1962: 230 y ss.) Pero, si esto es así, entonces uno se pregunta *si realmente la mecánica newtoniana es un caso límite de la teoría de la relatividad*. El hecho es, que si uno se instala en la física, como es el caso de Popper, la *comparación punto por punto* de ambas teorías no plantea dudas: cuando los objetos se mueven con velocidades pequeñas en comparación con el valor  $c$ , fenómenos típicamente relativistas como la contracción de las longitudes y la dilatación del tiempo desaparecen, la segunda ley de la dinámica y la de gravitación universal se rehabilitan, la expresión clásica de la energía cinética reaparece, etc.

La pregunta que surge inmediatamente es, pues ¿Es la tesis filosófica de la inconmensurabilidad incompatible con la afirmación en física de la existencia de casos límite de las teorías revolucionarias? De la posición de Kuhn parece desprenderse naturalmente que no sería la mecánica newtoniana propiamente dicha la que se deriva matemáticamente tomando el límite  $c \rightarrow \infty$  de la teoría de la relatividad; y, en un marcado tono kuhniano, Joseph Sneed afirma que “la función masa en mecánica clásica de partículas y la función masa en relatividad especial han de ser consideradas dos funciones teóricas que aparecen en teorías distintas de la física matemática [...] estas funciones tienen propiedades formales diferentes y, en este sentido, están asociadas a conceptos diferentes.” (Sneed, 1971: 305-306). Finalmente Feyerabend niega explícitamente la comparabilidad entre los conceptos de la mecánica clásica y de la teoría de la relatividad: “Incluso en un sistema en reposo los conceptos relativista y clásico son diferentes: la masa en reposo no es la masa clásica.” (Feyerabend, 1978: § 11). No es éste el lugar para analizar si el concepto de *masa* ha sufrido un cambio tan radical de significado como los filósofos mencionados pretenden. Pero, si aceptamos el punto de vista físico, y admitimos la existencia de un límite newtoniano de la teoría de la relatividad, parece obvio que la inconmensurabilidad resulta irrelevante para la *comparación* de ambas teorías y la *elección racional*. Pues dadas dos teorías, una de las cuales es matemáticamente un caso límite de la otra, el proceso de elección de ésta última, en detrimento de la primera, es claramente intrínsecamente racional. En todo caso, aún si los términos han sufrido un cambio de significado, esto es algo que el análisis dimensional no refleja. Luego, aún tomando seriamente en consideración el punto de vista filosófico, la problemática aludida no parece afectar a la práctica científica.

Los defensores de la inconmensurabilidad dejan abierta empero una puerta a la racionalidad: la inconmensurabilidad no impide la comparabilidad. Explícitamente esto lo admite Feyerabend (1978: § 10). Y el propio Kuhn sostiene que las propiedades de precisión, consistencia, alcance, simplicidad y fertilidad son características de toda *buena teoría*, y en todo caso constituyen la base para la elección de teorías. En términos pragmáticos diríamos pues, que las teorías se pueden comparar por su *rendimiento*. Esto es al menos lo que piensa Wolfgang Stegmüller (1979: cap. IX, §9). Cuál sea el criterio que efectivamente permite esta comparación lo expondré más adelante.

## **4. El debate epistemológico en la teoría contemporánea de la ciencia**

### *4.1. Racionalismo crítico, esencialismo y realismo científico*

Solemos pensar la ciencia como una empresa intelectual que tiene como meta *describir, explicar y predecir* aspectos de la realidad independiente de las teorías, aspectos del mundo externo. La supuesta capacidad de la ciencia para *describir y explicar* se entiende respectivamente como *decir cómo es realmente el mundo y dar cuenta del porqué de las cosas*; y

comporta un compromiso epistemológico con una *concepción realista*, y por consiguiente con una *teoría de la verdad como correspondencia*.

La teoría de la verdad como correspondencia parte de Aristóteles, y ha sido retomada modernamente por el lógico Alfred Tarski, quien, según Karl Popper (1972: Cap. VIII, Sección 4) habría rehabilitado la idea de que verdad es conformidad con los hechos, descripción correcta de los mismos. Para Popper, que se adhiere a ella, esta teoría de la verdad como correspondencia “afirma que una frase es verdadera si concuerda, o se corresponde, con los hechos o con la realidad” (Popper, 1979: XXII-XXIII), una concepción de la verdad que en la *escolástica* se concebía como *adaequatio rei et intellectus*.

La revolución einsteiniana le sugirió a Popper una concepción conjetural o hipotética del conocimiento científico. Aunque el carácter *conjetural* del conocimiento era perfectamente compatible con una concepción pragmática de las teorías científicas, Popper entendió que sólo una epistemología realista podía justificar el racionalismo crítico; sólo la búsqueda de verdad como meta de la ciencia haría inteligible la propuesta de teorías altamente falsables. Popper concibió la ciencia como una búsqueda rigurosamente crítica de verdad a través de la eliminación del error. El progreso científico debería consistir pues en una cadena de teorías cada vez más *verosímiles*, eso sí: a una distancia nunca computable de la, por razones lógicas, inaccesible Verdad. Una posición *realista* en epistemología con una carga ética y estética considerables.

El realismo científico de Popper está en clara oposición al *esencialismo*, una doctrina gnoseológica de raíz aristotélica, según la cual la ciencia trata de dar una explicación *última* por esencias. Popper (1950: cap. 11, Sección II) considera empero que el esencialismo se halla en franca oposición con los métodos de la ciencia moderna, pues, aunque hacemos todo lo posible por encontrar la verdad, somos conscientes de que nunca podemos estar seguros de haber dado con ella. Lo más que podemos conseguir es un cierto progreso, si somos capaces de determinar cuál es la mejor de las teorías que compiten entre sí; pero esto no evita que éstas sigan conservando su carácter hipotético o conjetural. El progreso científico, opina Sir Karl, no tiene lugar por acumulación de datos esenciales, sino a través del planteamiento de hipótesis nuevas y atrevidas y el abandono de las conjeturas refutadas. En la ciencia pues no hay *conocimiento* en el sentido de Platón y Aristóteles, ya que no existen razones suficientes para creer que se ha alcanzado la verdad. Lo máximo que se puede conseguir en ella es una información acerca de las diferentes hipótesis competidoras que proponen soluciones contradictorias a problemas comunes, así como sobre su comportamiento frente a las pruebas a que son sometidas con la intención de falsarlas.

Para Popper la intuición intelectual de las esencias no tiene nada que ver con el método científico, porque lo que a la ciencia le importa son los razonamientos que pueden ser puestos a prueba por todo el mundo y no de qué manera surgen las ideas. Toda definición esencial de nuestros términos conduce a una regresión infinita: una definición no puede establecer el significado de un término sino sólo desplazar el problema un paso atrás; una definición nos informa del significado del término definido, siempre que conozcamos el de los términos definitorios, y así sucesivamente. Pero en ciencia, asevera Popper, no estamos interesados en el significado de los términos, sino en la verdad de las teorías; así, las dificultades planteadas por ciertos términos como el de «simultaneidad» no se debieron a que su significado fuera impreciso sino a la aceptación de un supuesto tácito (la transmisión instantánea de señales) que resultó falso. El problema no estaba pues tanto en el significado del término como en la supuesta verdad de una teoría. No hay ninguna razón para que el científico asuma la existencia de las esencias. Una interpretación esencialista de la teoría newtoniana de la gravitación implicaría que las leyes del movimiento describen la naturaleza esencial de la materia. El problema es sin embargo que esta concepción impide el planteamiento de cuestiones fructíferas, como la de si tal vez no pudiéramos explicar la gravedad deduciendo la teoría newtoniana, o una buena aproximación

suya, de una teoría más general que fuese independientemente testable. Para Popper pues la creencia en esencias tiende a crear obstáculos al planteamiento de problemas nuevos y fructíferos. Además, tampoco puede formar parte de la ciencia, pues, aunque por buena suerte diéramos con una teoría que describiera esencias, nunca podríamos estar seguros de ella.

Frente a la idea de una explicación última basada en la esencia Popper afirma que toda explicación puede ser explicada a su vez por medio de una teoría o conjetura de mayor universalidad, y que no puede haber ninguna explicación que no precise ser explicada de nuevo, pues ninguna puede ser una descripción autoexplicativa de una propiedad esencial. El hecho es pues que todas las cosas y hechos individuales están sujetos a explicaciones en forma de leyes naturales universales -las cuales precisan ellas mismas de otras explicaciones-, que explican las regularidades o semejanzas de las cosas, hechos o fenómenos individuales. Estas leyes no son sin embargo inherentes a las cosas mismas, sino que se pueden concebir mejor, según Popper, como descripciones (hipotéticas) de propiedades estructurales de la naturaleza. La actitud *realista* de Popper queda claramente de manifiesto cuando señala: “aunque yo no creo que podamos describir nunca una esencia *última* del mundo por medio de nuestras leyes generales, no dudo sin embargo que tratamos de penetrar cada vez más profundamente en el mundo, o como podemos decir también, en propiedades del mundo cada vez más esenciales o profundas.”(Popper, 1972: Cap. V)

Finalmente, el *realismo crítico* de Mario Bunge (1973: 86) y Raimo Tuomela (1973: 7) representa una versión sofisticada de realismo científico. Con el realismo metafísico comparte el realismo crítico la tesis ontológica de la existencia y la cognoscibilidad de las cosas en sí, pero diverge de él en las tesis siguientes:

1. Las cosas en sí son cognoscibles, si bien parcialmente y por aproximaciones sucesivas, antes que exhaustivamente y de una vez.
2. El conocimiento de una cosa en sí procede justamente de la teoría y el experimento.
3. Este conocimiento *fáctico* -e.d. no empírico o sensible- es hipotético antes que apodíctico, y por consiguiente corregible y no final.
4. El conocimiento de una cosa en sí, lejos de ser directo y pictórico, es indirecto y simbólico.

El conocimiento de una cosa no constituye pues una «copia» suya, lo que se debe al hecho de que este conocimiento se obtiene ante todo por medio de teorías. Las tesis semánticas de este realismo son dos:

1. Los predicados teóricos de las teorías científicas refieren generalmente objetos fácticos exteriores y representan aspectos suyos.
2. El significado de los términos teóricos viene determinado en general por la teoría o teorías en que aparecen.

Para el realismo crítico los conceptos científicos representan aspectos, considerados relevantes, de objetos físicos realmente existentes. Esta representación empero no es pictórica ni directa, sino hipotética, incompleta, indirecta y simbólica. Pero no de otra forma refiere la ciencia la realidad, sostiene Bunge (1972: 187). Y aunque el significado de un término sea contextual, es decir, relativo a una teoría, su referencia puede permanecer invariante a pesar de que un cambio teórico comporte un cambio de significado.

#### 4.2. *Realismo metafísico y realismo interno*

El *realismo metafísico*, es caracterizado por Putnam como una doctrina filosófica según la cual (a) se supone que el mundo es independiente de toda representación particular que tengamos de él, y (b) existe una descripción completa y verdadera de la forma como es el mundo. Esta concepción, que Putnam identifica con la teoría de la verdad como «copia», determina que un enunciado es verdadero si concuerda con hechos independientes de la mente, y requiere la existencia de un mundo «ya hecho», un mundo con una estructura «incorporada».

El problema con que se enfrenta el realismo metafísico es, según Putnam, el de cómo singularizar una correspondencia entre nuestras palabras y las cosas supuestamente independientes de la mente, dado que no tenemos acceso directo a ellas. Es el problema acerca de qué relación podría ser destacada metafísicamente como *la* relación entre pensamientos y cosas. La forma más antigua de la verdad como correspondencia es la que, atribuida por Putnam a Aristóteles con el nombre de *teoría similitudinaria de la referencia*, sostiene que la relación entre las representaciones en nuestras mentes y los objetos exteriores a los que se refieren es literalmente una semejanza. Frente a esta concepción Putnam toma partido por Kant, y afirma que nada de lo que decimos de un objeto lo describe tal y como es «en sí», independientemente de su efecto sobre nosotros: “Nuestras ideas de los objetos no son *copias* de cosas independientes de la mente”. La imposibilidad de singularizar una correspondencia entre nuestros conceptos y los objetos nouménicos conlleva el abandono de la teoría similitudinaria de la referencia y el rechazo de la teoría de la verdad como correspondencia. La tesis de Putnam reza: “No tenemos nociones de la ‘existencia’ de cosas o de la ‘verdad’ de enunciados que sean independientes de las versiones que construimos y de los procedimientos y prácticas que dan sentido a hablar de ‘existencia’ y ‘verdad’ en estas versiones... Postular un conjunto de objetos ‘últimos’..., cuya ‘existencia’ es *absoluta*, no relativa a nuestro discurso, y una noción de verdad como ‘correspondencia’ con estos Objetos Últimos es simplemente revivir toda la empresa fallida de la metafísica tradicional” (Putnam 1982: 4). Pero si las propiedades del mundo son siempre relativas a una teoría, si no es posible decir cómo es el mundo independientemente de una teoría, entonces, asevera Putnam (1978: 133), resulta vacío considerar las teorías como descripciones del mundo. Las propiedades del mundo son relativas a una teoría, porque sólo en el marco de teorías podemos hablar de ‘propiedades del mundo’. Y como no podemos trascender el lenguaje resulta difícil entender qué puede querer decir que las teorías sean ‘descripciones del mundo’.

La opinión que a Putnam le merece la obra de Tarski es completamente opuesta a Popper: Tarski habría proporcionado meramente un método para construir definiciones de ‘verdadero en L’, donde L es un lenguaje formalizado, definiciones que obedecen al *principio de equivalencia* - ya formulado por Frege-, según el cual aseverar que un enunciado es verdadero equivale a afirmar el enunciado mismo. Ésta es una tarea puramente formal, y en cuanto tal “es igualmente correcto si uno entiende verdad como un matemático intuicionista, como hace Brouwer, o como un defensor de la llamada teoría de la verdad como coherencia, o como hace un realista, etc. La obra de Tarski es filosóficamente neutral; esto es por lo que no constituye una reivindicación de la teoría de la verdad como correspondencia” (Putnam 1978: 83). La consecuencia inmediata que de esto obtiene Putnam es la de que afirmar que la ciencia pretende descubrir la verdad constituye una aseveración puramente formal, pues ‘sólo’ comporta “que los hombres de ciencia no desean afirmar que la nieve es blanca, si la nieve no es blanca, que no desean afirmar que hay electrones fluyendo a través de un alambre, si los electrones no fluyen a través del alambre, etc. Pero estos enunciados puramente formales son completamente vacíos mientras no tengamos una idea de cuál es el sistema de criterios de aceptabilidad racional que distingue las formas científicas de determinación de si la nieve es blanca de otras maneras de averiguar lo mismo, etc.” De ahí que “la afirmación de que la ciencia intenta descubrir la verdad no puede significar nada más que la ciencia trata de construir una imagen del mundo que, en el límite ideal, satisface ciertos criterios de aceptabilidad racional...; las metas de la ciencia reciben un contenido material sólo a través de

los criterios de aceptabilidad racional implícitos en ella. En pocas palabras, estoy diciendo que la respuesta a la posición... de que la única meta de la ciencia es descubrir la verdad [...] es que *la verdad no es la última línea*: la verdad recibe ella misma la vida de nuestros criterios de aceptabilidad racional, y éstos son los que tenemos que mirar si deseamos descubrir los valores que están realmente implícitos en la ciencia” (Putnam 1981: 129-130).

La cuestión *clave* es pues la de la relación entre verdad y racionalidad. Para Putnam *verdad es idealización de aceptabilidad racional*. Según él hablamos como si hubiera condiciones epistémicas ideales y llamamos ‘verdadero’ a un enunciado capaz de ser justificado en tales condiciones. Consciente de que la dilucidación del concepto de verdad en términos de justificación en condiciones ideales puede parecer explicar una noción clara en términos de una noción vaga, Putnam advierte que no está intentando ofrecer una definición formal de verdad sino una aclaración informal de esta noción. La pregunta que obviamente se plantea es la de si verdaderamente tiene éxito en este empeño.

Asumido por Putnam que verdad no es conformidad con la forma en que las cosas son en sí mismas, que verdad no es correspondencia con un mundo ‘ya hecho’, sino aceptabilidad racional idealizada, se plantea la cuestión acerca de qué es *aceptabilidad racional*. La respuesta consiste en que, para que una teoría sea racionalmente aceptable, ha de mostrar virtudes tales como la eficacia instrumental, la coherencia, la comprensión y la simplicidad funcional. Estamos interesados en la coherencia, simplicidad y eficacia de nuestras teorías, porque éstas son *buenas* propiedades de una teoría o características de toda teoría *buen*a.

En estas reflexiones se asienta el *realismo interno* de Putnam, una teoría epistemológica, cuyas tesis son:

1. El rechazo de la *fantasía* metafísica de la existencia de un mundo ‘ya hecho’, con objetos autoidentificadores, estructuras ‘incorporadas’, esencias, etc., un mundo que permitiera singularizar una correspondencia particular entre lo que está ‘dentro’ de la mente y tales objetos.
2. Las teorías científicas *convergen* en el sentido de que las primitivas constituyen frecuentemente casos límite de las últimas, lo que posibilita que los términos teóricos preserven la referencia a través de los cambios de teoría.
3. Verdad es justificación en condiciones epistémicas ideales.

El realismo interno tropieza empero con la dificultad de que si la realidad sólo es conocida en tanto es conceptualizada en el marco de una ciencia particular, en un fragmento de lenguaje, y por consiguiente *verdad, referencia y significado* son internos al lenguaje en cuestión, entonces ¿cómo discriminar entre teorías en competencia?, ¿cómo romper el círculo que supone aceptar que verdad es *respuesta estilizada*, e. d. *respuesta conforme al estilo de pensamiento del que se participa*? ¿cómo evitar la concurrencia de tantas verdades acerca de un mismo problema, como estilos de pensamiento hay, susceptibles de dar respuesta al mismo problema? Finalmente, redefinir *verdad* como *aceptabilidad racional en condiciones epistémicas ideales* aplaza, pero no evita, la decisión de prescindir del realismo, una vez asumida la imposibilidad de aceptar las teorías como descripciones del mundo.

#### 4.3. Pragmatismo en ciencia. El valor de la predicción

El rechazo del esencialismo conduce también a Richard Rorty a mantener que el conocimiento *no es espejo de la Naturaleza*, y no tiene nada que ver con la idea de *representación precisa*, que por tanto debería ser *privilegiada*, de la realidad. Rorty abandona pues también la idea de verdad como correspondencia con la realidad, y aboga por una posición *pragmática* en la teoría del conocimiento en la que *verdad* significa "lo que nos conviene creer "

(Rorty 1979: 176). Enraizando su pragmatismo en William James, preconiza la búsqueda de utilidad en contra de la de correspondencia con una realidad en sí, o sea contra verdad como representación precisa de cómo son las cosas en sí mismas, y afirma que "la verdad no es una meta de la investigación (...) Una meta es algo de lo que se conoce lo cerca o lejos a que uno se encuentra. Pero no hay forma de conocer a qué distancia nos encontramos de la verdad, ni tan siquiera si estamos más próximos a ella de lo que estaban nuestros antepasados." (Rorty, 1998: 3-4)

La capacidad *predictiva* empieza a alcanzar en Rorty el papel demarcativo de *cientificidad* que tiene en física: "la predicción es [...] una condición necesaria para ser colocada en la caja llamada 'ciencia'", "parece bastante simple definir el progreso científico como una capacidad creciente de hacer predicciones" (Rorty, 1998: p. 5). Como esta capacidad no es concebida por Rorty como un resultado de captación *correcta* de la realidad, Rorty entiende el progreso científico, a la manera de Thomas Kuhn, "como la capacidad para resolver no sólo los problemas que resolvieron nuestros antecesores, sino también algunos problemas nuevos. En este sentido Newton progresó en relación con Aristóteles, y Einstein en relación con Newton. Pero ninguno se aproximó más a la verdad, o a la naturaleza intrínseca de la realidad, que cualquiera de los otros." (Rorty, 1998: p.7) La verdad deja de ocupar el lugar de honor que la epistemología tradicional le había reservado. Y por ende el uso disfrazado de verdad, en términos de aceptabilidad racional como hace Putnam, o en términos de utilidad, se hace innecesario.

Aunque en *El valor de la ciencia* Henri Poincaré entendía que la meta de la ciencia es la búsqueda de verdad, su posición estaba tan alejada del esencialismo como lo estaría Popper treinta años después. En efecto, para Poincaré la ciencia no puede desvelarnos la "verdadera naturaleza" de las cosas. En términos parecidos se expresa Pierre Duhem (1906: 6 y ss.), quien avanza un paso al negar congruentemente que la ciencia proporcione explicación de los fenómenos. Una teoría física no es para él más que un sistema ordenado de ecuaciones matemáticas con capacidad predictiva probada, un sistema de enunciados ligados deductivamente, cuyo objetivo no es explicar, sino presentar de la forma más simple, precisa y completa un conjunto de leyes experimentales. La única prueba que permite juzgar a una teoría física, asevera Duhem (*op. cit.*, p.259), es la comparación entre las consecuencias que se siguen de ella y las leyes experimentales que debe representar. Pues bien, la idea de que las teorías físicas no proporcionan explicación, sino que su meta es la de suministrar consecuencias conformes a leyes experimentales, está ya presente, afirma Duhem (*op. cit.*, p. 59) en nuestra cultura desde la más rancia antigüedad, por ejemplo, el debate realismo-instrumentalismo presente ya en la astronomía antigua entre *astronomía matemática* y *astronomía física*.

En efecto, el realismo ha estado desde un principio en el ojo de las revueltas epistemológicas de los últimos 24 siglos de pensamiento occidental. Así ya el propio Aristóteles se sintió obligado a combatir en su *Metafísica* el *relativismo filosófico* de Protágoras de Abdera, y muy pronto su *realista* astronomía física de las esferas homocéntricas se puso en cuestión cuando en el siglo II antes de nuestra era Hiparco de Rodas propuso dos sistemas astronómicos *geoméricamente equivalentes*: el de *epiciclo-deferente* y el de *excéntricas*, que permitían al astrónomo recurrir a uno u otro con el fin de dar cuenta de o *salvar las apariencias*. Cuando cuatro siglos más tarde Claudio Ptolomeo afirma en su *Almagesto* que el astrónomo debe esforzarse al máximo para que las hipótesis más *simples* concuerden con los movimientos de los astros, pero que debe adoptar las que más le convengan, si este *criterio de simplicidad* falla, nos encontramos ante una de las manifestaciones más crudas de instrumentalismo en la teoría de la ciencia. De nada valió que en su *Hipótesis de los planetas* Ptolomeo introdujese elementos que pudiesen hacerle pasar por un filósofo realista de la ciencia; la polémica *realismo-instrumentalismo* ya no abandonaría nunca la reflexión teórica sobre la ciencia. Pierre Duhem (1908) recoge espléndidamente el desarrollo de esta controversia.

Al punto de vista de Duhem se suma Bastiaan van Fraassen, para quien “la creencia implícita en la aceptación de una teoría científica es sólo la que ‘salva los fenómenos’” (Van Fraassen, 1980: 4). Una teoría que salva las apariencias es para él *empíricamente adecuada*, y esto es lo único que cuenta: “La decisión de aceptar (una teoría, A. R.) es una decisión de aceptarla como empíricamente adecuada. La nueva creencia que se forma no es que la teoría es verdadera [...] sino la de que la teoría es empíricamente adecuada.” (*op. cit.*, p. 72). Como la adecuación empírica no precisa de la verdad, “el compromiso epistémico implícito en la aceptación de una teoría científica ..., no es la creencia de que es verdadera, sino la creencia más débil de que es empíricamente adecuada.” (*op. cit.*, p.151). Aceptación no es creencia.

Van Fraassen concuerda con Duhem en que la *explicación no es la meta de la ciencia*. Así la tesis de su *empirismo constructivo*, que es una forma de pragmatismo, se puede resumir en estos términos: “Como una demanda que no juega ningún papel en la empresa científica, desarrollar un enfoque empirista de la ciencia [...] debe implicar enteramente un rechazo decidido de la exigencia de explicación de las regularidades en el curso observable de la naturaleza, por medio de verdades acerca de una realidad allende lo que es actual y observable (*op. cit.*, p.203)

¿Apoya la ciencia contemporánea una concepción realista en alguna de sus versiones o tal vez una interpretación instrumentalista del conocimiento científico? Seguramente no hay mejor forma de explicitar la confianza que inspiraba la mecánica newtoniana a los físicos del XIX que recordar aquella *inteligencia*, que Laplace menciona en su *Essai philosophique sur les probabilités*, que, de conocer en un instante dado todas las fuerzas de que la naturaleza está animada y la situación de cada uno de sus cuerpos, tendría presente ante sus ojos tanto el pasado como el porvenir. La mecánica newtoniana predecía efectivamente de modo muy preciso fenómenos tales como el movimiento planetario, las mareas, la caída libre, etc., y se había mostrado muy exitosa en la predicción de órbitas de cometas (Halley) y el descubrimiento de nuevos planetas (Neptuno). Lo malo es que había también un buen número de *aplicaciones posibles* de la mecánica newtoniana, como: la desviación de la luz por campos gravitatorios, la precesión del perihelio de los planetas, etc., de los que debería dar cuenta, si fuera verdadera, pero cuya explicación era completamente insatisfactoria, cuando no totalmente desastrosa. En efecto, contra lo que se suele creer, la deflexión de la luz por el Sol no es, desde un punto de vista histórico, un fenómeno típicamente relativista, sino que ya el propio Newton lo había contemplado como una aplicación posible de su ley de gravitación universal. Además, desde la perspectiva newtoniana, la órbita de Mercurio mostraba un avance *anómalo* de su perihelio. Como afirma el propio Einstein (1917: §29), ambos fenómenos muestran el *fracaso* de la mecánica clásica. Otros fenómenos tales como los agujeros negros, el efecto lente gravitacional, el retraso temporal de Shapiro, etc, ponen de manifiesto que el *balance predictivo* es abrumadoramente favorable a la teoría de la relatividad, cuya elección por ello, frente a la teoría gravitacional newtoniana, es un claro exponente de la racionalidad de la elección de teorías en física. El *balance predictivo* es precisamente el criterio que garantiza la *comparación racional* de teorías en competencia. La teoría que mejor parada sale de este trance será la que, tomando prestada la terminología de van Fraassen, consideraremos la más adecuada empíricamente. Y al igual que él, será la que aceptaremos, provisional y pasajeramente, para salvar los fenómenos, sin que ello implique ningún compromiso con, o ninguna creencia acerca de, su verdad.

En efecto, aunque la teoría de la relatividad se ha corroborado frente a la teoría gravitacional newtoniana, así como frente a teorías gravitatorias alternativas tales como la de Brans-Dicke, la de Gunnar Nordström, y muchas otras, ningún incremento, ni cuantitativo ni cualitativo, de evidencia empírica favorable a ella -como a cualquier otra teoría-, puede llevar a concluir su verdad o tan siquiera su probabilidad de ser verdadera. Esto es algo que está rigurosamente excluido por la lógica deductiva. De modo que, aunque nada impida considerar que la búsqueda de verdad sea la que regule la práctica científica, su inalcanzabilidad desautoriza,

p. e., la afirmación de que sea más verosímil que la gravedad sea la manifestación de la aceleración que sufre un cuerpo en caída libre en un espacio curvado por un cuerpo masivo, antes que el resultado de su atracción por el cuerpo que ejerce una fuerza central hacia él. En definitiva pues el paso revolucionario de la mecánica newtoniana a la relativista, antes que apoyar al realismo científico hace más razonable el punto de vista instrumentalista de las teorías científicas como dispositivos conceptuales para el cálculo y la predicción.

La mecánica cuántica aporta aún más razones en favor del instrumentalismo en ciencia. La ecuación fundamental de esta teoría es la *ecuación de Schrödinger*. La presencia del número imaginario  $i$  en la ecuación de Schrödinger implica que las funciones de onda, que son sus soluciones, serán complejas. Esto no sucede con las funciones de onda de la mecánica clásica, que no son complejas, ya que no contienen el número  $i$ . Ahora bien, como afirman Eisberg y Resnick: “El hecho de que las funciones de onda sean funciones complejas no debe considerarse como un punto débil de la teoría de la mecánica cuántica. En realidad éste es un detalle deseable, ya que de inmediato hace evidente que no se debería intentar dar a las funciones de onda una existencia física, en el mismo sentido que la tienen las ondas en el agua. La razón es que una magnitud compleja no se puede medir por ningún instrumento físicamente real.” (Eisberg & Resnick, 1996: 169) La teoría de la verdad como correspondencia es pues inaplicable a las funciones de onda asociadas a las partículas cuánticas. La conclusión de Eisberg y Resnick es que “las funciones de onda son *dispositivos computacionales* que solamente tienen significado en el contexto de la teoría de Schrödinger de la cual forman parte.” Y es que, como dicen algunos físicos con marcado sentido del humor, *el mundo es real, pero la física es compleja*.

Algún filósofo de la ciencia, como Erhard Scheibe, ha investigado con preocupación lo que él denomina la *superdeterminación matemática de la física*, un hecho consistente en que en física hay mucha más matemática que lo que se puede interpretar empíricamente. Si pretendiéramos que las leyes y ecuaciones de la física sean descripciones o explicaciones de la realidad subyacente, e. d. si adoptáramos el realismo como filosofía de la ciencia, difícilmente podríamos superar nunca el asombro que produce la eficacia de la aplicabilidad de las matemáticas en ciencia. Si por contra consideramos que las ecuaciones fundamentales de la física, tales como las ecuaciones de campo de Einstein, o la ecuación de Schrödinger, o la ecuación de Dirac libre, no constituyen una descripción inmediata de la realidad, sino que son dispositivos formales para el cálculo y la predicción, si renunciamos, pues, al realismo, y a la teoría de la verdad como correspondencia, estaremos más próximos a la metodología real de la física.

Se comprende fácilmente, para finalizar, que el instrumentalismo impone condiciones a la hora de enjuiciar problemas tradicionales de la filosofía actual de la ciencia, tales como el del papel de las refutaciones en ciencia, y el del reto de la inconmensurabilidad para la racionalidad de la ciencia, ampliamente discutidos en estas páginas. Desde su punto de vista afirmar la refutación de una teoría no supone aceptar la conclusión de un argumento rigurosamente lógico, sino el reconocimiento simplemente del rechazo de la teoría como marco conceptual inapropiado para tratar con la Naturaleza. Por su parte la inconmensurabilidad, que ciertamente constituye un reto importante para toda epistemología realista que conciba la meta de la ciencia como la de ofrecer una descripción y explicación lo más fiel posible del mundo, no representa ningún problema para la teoría instrumentalista de la ciencia, ya que las cuestiones relativas a las diferencias de ontología y a la dificultad de la traducción le son irrelevantes. La preocupación por la fundamentación del conocimiento y el establecimiento de un criterio de científicidad le son también igualmente ajenos.

#### 4.4. Epistemología sociológica, epistemología evolucionista, y relativismo científico

En el proceso de consolidación de la filosofía actual de la ciencia distinguimos tres etapas bien diferenciadas: el positivismo lógico del Círculo de Viena, que lleva a cabo una tarea de reconstrucción racional de la ciencia completamente al margen de su historia; el racionalismo crítico de Popper, en el que la dinámica de la ciencia es objeto de estudio preferente, si bien en el análisis del progreso científico pesa especialmente el componente normativo, como Popper (1985: Introducción) mismo reconoce; y la epistemología sociológica de Thomas Kuhn, en la que a la orientación histórica en teoría de la ciencia, ya iniciada por Popper, se añade el reconocimiento del carácter social del conocimiento científico.

Ahora bien, como indico en la Introducción de este trabajo, esta reorientación de Kuhn en epistemología se inicia treinta años antes de la mano de Ludwik Fleck. En efecto, en el Prefacio de su *Estructura* Kuhn reconoce que la monografía ampliamente desconocida de Ludwik Fleck, publicada en 1935, no sólo anticipaba muchas de sus propias ideas, sino que le hizo ver que éstas pertenecían al ámbito de la sociología de la ciencia. Años después, en el Prólogo a la edición inglesa de 1979 del libro de Fleck, Kuhn se ratificará en este punto: “el conocimiento del texto de Fleck me ayudó también a comprender que los problemas que me preocupaban tenían una dimensión fundamentalmente sociológica” (Kuhn, 1979: ix). El conocer es ciertamente para Fleck “la actividad humana más fuertemente condicionada socialmente, y el conocimiento es simplemente el producto social” (Fleck 1935: 58). De manera que “Toda teoría del conocimiento que...no tenga en cuenta el condicionamiento social de todo conocer es un puro juego.” Incluso la experiencia científica procede, según Fleck, de condiciones especiales dadas social e históricamente, lo que supone un rechazo claro de la doctrina neopositivista de un fundamento último “a partir del cual el conocimiento se pudiera construir lógicamente”, y por ende de la teoría de Carnap acerca de la base empírica de la ciencia; un empeño al que Fleck no duda de calificar de estéril. *Ver* significa para Fleck “reproducir en el momento adecuado la imagen que ha creado la comunidad de pensamiento a que se pertenece.” El estilo de pensamiento determina pues qué es un *hecho* científico, y *verdad* no es más que solución de un problema determinado conforme al estilo de pensamiento compartido. En mi opinión “Verdad es para Fleck lo que, en un momento dado del desarrollo de un (concreto) estilo de pensamiento, estamos dispuestos a considerar un ‘hecho científico real’” (Rivadulla, 1987: 61).

En los años treinta del pasado siglo XX un desconocido epistemólogo polaco, médico microbiólogo de profesión, reorientaba pues el interés de la teoría de la ciencia, marcadamente ahistórica en el neopositivismo contemporáneo, hacia la dinámica y la sociología de la ciencia. Así afirmo: “Ludwik Fleck irrumpió, pues, en epistemología con una orientación histórico-sociológica ‘al estilo’ de Kuhn. Sólo que unos treinta años antes. Así, adelanta el concepto kuhniano de paradigma por medio del de ‘estilo de pensamiento’ y el de comunidad científica normal por el de ‘colectivo de pensamiento’; coincide con Popper y Kuhn en la inexistencia de un lenguaje observacional neutral, y enfatiza la carga teórico-sociológica de la base observacional, con lo que se enfrenta a la concepción dominante del Positivismo Lógico contemporáneo; desmenuza la estructura sociológica de las comunidades científicas y la relación entre la ciencia de revista y la ciencia de manual; explica el desarrollo del conocimiento científico como consecuencia del tráfico *intracolectivo* e *intercolectivo* de las ideas; explica la forma en que se producen los descubrimientos científicos; sugiere la existencia de inconmensurabilidad entre miembros de colectivos diferentes; pone de manifiesto la resistencia de los colectivos consolidados frente a ideas innovadoras amenazadoras; y por fin, pero no por último, enfatiza el carácter *interno* de la verdad” (Rivadulla 1990a: 119).

Por lo que a Kuhn respecta es nada menos que Barry Barnes, uno de los representantes más característicos del *programa fuerte* de sociología del conocimiento de la *Escuela de Edinburgo*, quien subraya la dimensión sociológica de su obra. Para Barnes “La descripción de la ciencia de Kuhn (que consideramos un hito importante en el proceso de comprensión de la ciencia tal como es, y no como ‘debería’ ser) abre el camino para una nueva y más profunda apreciación de sus procesos internos” (Barnes, 1980: Introducción), quien reitera que “Kuhn ha hecho una de las contadas aportaciones fundamentales a la sociología del conocimiento. Tuvo la suerte de ofrecer...una indicación clara del modo de entender desde el punto de vista sociológico nuestras formas de conocimiento natural. Esto estimuló los estudios empíricos de la cultura científica...e inspiró la conciencia renovada del carácter social que entraña el conocimiento en general.” (Barnes, 1986: 10-11)

¿Deberíamos pues haber adoptado el punto de vista sociológico en lugar del filosófico, como tradicionalmente se venía haciendo en epistemología, en los estudios sobre la ciencia? Ésta es la cuestión que se plantea John Ziman. El *relativismo epistemológico* es para él consustancial a la práctica científica. Hace suya la tesis de Quine de la *subdeterminación empírica* de la ciencia, que afirma la coexistencia en principio de teorías lógicamente incompatibles pero empíricamente equivalentes. Así, afirma que “en principio son ilimitadas las posibles interpretaciones de una serie finita de observaciones. Por este motivo, es imposible demostrar que todo el conocimiento científico debe acabar por converger en un conjunto coherente de ‘verdad objetiva’ acerca del mundo natural.” (Ziman, 1986: 129). La tesis de la subdeterminación empírica de la ciencia -como la de la inconmensurabilidad, con la que está emparentada epistemológicamente- constituye un reto serio para el realismo científico que, en una situación de conflicto entre teorías en competencia sostiene que la experiencia debe poder decidir, si no cuál de ellas es verdadera, sí al menos cuál no lo es. Pero le es indiferente a una concepción instrumentalista, para la que las teorías no son sino meros dispositivos para la predicción. Además para el instrumentalismo las refutaciones en el sentido lógico de determinación concluyente de la falsedad tampoco existen, ya que el fracaso de una teoría sólo expresa la inadecuabilidad de un cierto instrumento para encarar determinados problemas. Una respuesta posible al problema de la subdeterminación de la ciencia por la experiencia es para Ziman que “los científicos son libres de escoger, entre las diversas teorías científicamente sostenibles, la que mejor concuerde con sus preocupaciones no científicas. Tales preocupaciones [...] lo más probable es que se deriven del contexto social en el que se lleva a cabo la investigación [...] Así, en cualquier conjunto de conocimiento científico puede haber un componente significativo que sea determinado socialmente y, por ende, que sea *relativo* al grupo social concreto que haya creado este conocimiento” (Ziman, *op. cit.*, *ibid.*). Obviado el hecho de que el *balance predictivo* constituye un criterio eficaz para la elección racional de teorías, el *relativismo* se cierne amenazador sobre la racionalidad de la ciencia.

En los años setenta, la *Escuela de Edinburgo*, con Barry Barnes y David Bloor a la cabeza, propugnó la tesis de que el conocimiento científico es un producto social, y en cuanto tal está condicionado por intereses sociales y culturales. Ante el fracaso de la metodología tradicional de la ciencia para dar cuenta de la racionalidad científica -un fracaso que reiteradamente ha puesto de manifiesto Paul Karl Feyerabend con claridad-, el *programa fuerte* de la sociología del conocimiento centra su interés en la determinación de las causas sociales que han producido cierto tipo de conocimientos en momentos determinados, con independencia de su pretensión de verdad empírica. El análisis de la verdad o la falsedad de las proposiciones es pues una tarea ajena a la sociología del conocimiento, que apenas mantiene lazos con la epistemología, que ofrece otro discurso sobre la ciencia. Así, mientras ésta es eminentemente filosófica, la primera es una disciplina puramente empírica. Para

Ziman “El programa fuerte tiene al menos la virtud de que trata de formular preguntas bien definidas y de sugerir respuestas que son susceptibles de probarse atendiendo a hechos averiguables” (Ziman, *op. cit.*, p. 131). Los estudios sociológicos de la ciencia, siempre que no sean excluyentes -en todo caso para Ziman son claramente incompletos-, aportan elementos de juicio muy importantes para la comprensión de la ciencia como parte fundamental de nuestra cultura occidental. Asumida la tesis de Lakatos de que filosofía de la ciencia sin historia de la ciencia es vacía, una epistemología sociológica al estilo de Fleck parece ineludible. Los estudios sobre la ciencia no son parcelables en disciplinas estancas. El ahistoricismo neopositivista, el prescriptivismo del racionalismo crítico, el anarquismo epistemológico, o el sociologismo radical sólo producen imágenes deformadas de la realidad de la ciencia.

El relativismo empero no es meramente una consecuencia del rechazo de alguna concepción en metodología de la ciencia. En particular el *relativismo evolucionista* es una consecuencia inevitable de la aplicación de la teoría evolucionista de Darwin a la comprensión del conocimiento científico. Ésta es una de las tesis de Gonzalo Munévar, para quien el relativismo, lejos de ser una posición escéptica constituye una filosofía positiva. Otra de sus tesis es que la aplicación de la teoría evolucionista ayuda a mostrar que la ciencia es una actividad racional: “Deseo combinar ahora esta simple idea, que la percepción tiene una base biológica, con otras dos ideas simples: que la inteligencia surge de la percepción y otras estructuras biológicas, y que la ciencia es un producto social de la inteligencia. Armado con estas tres ideas simples intento desarrollar un relativismo epistemológico completo” (Munévar, 1998: 5). Munévar rechaza el relativismo de Protágoras de que todos los puntos de vista son igualmente válidos; pero este rechazo lo considera compatible con su afirmación de que puntos de vista incompatibles pueden ser defendidos a un tiempo: “*Puede haber más de un punto de vista válido*. Esto es exactamente lo que el relativismo evolutivo afirma: que por muy bueno que sea un marco de referencia, puede haber otros igualmente buenos” (Munévar, *op. cit.*, pp. 41 y 47).

En el punto de mira del relativismo de Munévar está el realismo científico. Las formas de pensamiento dependen de la evolución biológica, que a su vez depende de las condiciones físicas y de la historia geológica de nuestro planeta. Una larga serie de adaptaciones a una no menos variada serie de circunstancias ambientales ha creado una estructura cerebral que, en conjunto con una historia social determinada, ha producido un modo de pensamiento. Pero el resultado de la combinación de las historias natural y social podría haber sido otro. De ahí que asevere: “La relatividad conceptual en la comprensión del universo, la ausencia de un marco de referencia absoluto, destruye la afirmación de que los puntos de vista científicos se corresponden con la realidad, y de que conseguirán siempre, o al menos podrán, aproximarse a esta correspondencia (la aproximación requiere convergencia). No tenemos ninguna garantía para hacer este tipo de afirmaciones, porque sería arbitrario decir que los puntos de vista desarrollados en un marco de referencia se corresponden con las formas como las cosas son realmente -ya que puede haber otros marcos de referencia igualmente buenos” (*op. cit.*, pp. 10-11).

¿Es el relativismo compatible con la idea de la racionalidad de la ciencia? La ciencia ante todo es parte de la naturaleza, asevera Munévar. Ello se debe a que la ciencia es una expresión *social* de la relación de la inteligencia con el mundo, y la inteligencia es un producto de la selección natural. Así pues la cuestión de la racionalidad de la ciencia debe ser respondida tomando en consideración a la ciencia como un todo, contrariamente al modo tradicional de encarar esta cuestión consistente en indagar si un científico, o una comunidad dada, actuaron racionalmente por referencia a determinadas reglas metodológicas. La cuestión de la racionalidad de la ciencia para Munévar equivale a preguntar cómo debería estar

estructurada la ciencia, a fin de permitir nuestra adaptación a cambios de nuestro entorno. En definitiva se trata de un concepto de racionalidad no desvinculado del binomio tradicional *medios-fines*: “Digo que la ciencia es racional porque los fines que permite alcanzar supuestamente merece la pena alcanzarlos. He dicho que la ciencia nos permite tratar con entornos nuevos o cambiantes, he hablado de adaptabilidad, en fin”(op. cit., p.108)

Concluyo afirmando que el relativismo evolucionista, de base biológica, y el instrumentalismo científico, de base epistemológica, se complementan, proporcionando una imagen completa y precisa de la ciencia real.

#### 4.5. Física cuántica y realismo

En el apartado 4.3. afirmamos que la mecánica cuántica aporta razones en favor del instrumentalismo en ciencia. Presentamos entonces la opinión de Eisberg y Resnick de que las funciones de onda asociadas a las partículas son meros dispositivos para el cálculo, carentes por tanto de existencia física. En realidad éste es un punto muy controvertido en la mecánica cuántica contemporánea. Asumiendo una opinión realista, Roger Penrose sostiene que “el estado ‘objetivamente real’ de una partícula viene realmente descrito por su función de onda  $\psi$ ” (Penrose, 1991: 319). Pero otro físico destacado, John Archibald Wheeler confiesa que la función de onda que verifica la ecuación de Schrödinger constituye “el interrogante central de la mecánica cuántica, que permanece abierto.” (Wheeler, 2001: 51)

El debate *realismo-instrumentalismo*, filosófico en principio, pero trasladado al interior de la física, se ha instalado con especial intensidad en los fundamentos de la mecánica cuántica. La concepción *realista* de Einstein de que “La física es un esfuerzo por aprehender conceptualmente la realidad como algo que se considera independiente de ser percibido. En este sentido se habla de lo ‘físicamente real’” (Einstein, 1992: 77), se opone a la de Paul Dirac para quien el físico “se da por satisfecho si, tras realizar los cálculos, compara los datos obtenidos con los experimentales y concuerdan” (Dirac, 1997: 9). Opinión que comparte con Niels Bohr, quien, citado por Penrose (op. cit., p. 288), considera que la teoría cuántica “proporciona simplemente un procedimiento de cálculo, y no intenta describir el mundo como realmente ‘es’”.

Onda y partícula son conceptos clásicamente incompatibles. ¿Cómo es posible entonces que, tanto la radiación como la materia, muestren un comportamiento dual: corpuscular y ondulatorio? Para dar respuesta a esta pregunta Bohr postuló el *principio de complementariedad*, según el cual en un mismo experimento no pueden observarse a la vez los aspectos corpuscular y ondulatorio de un objeto físico. Ambos aspectos son *complementarios*, pero excluyentes desde el punto de vista experimental. La complementariedad, extendida a las relaciones de indeterminación de Heisenberg, implica que las magnitudes conjugadas: posición y momento, energía y tiempo, son también complementarias. Este es un punto crucial de la concepción *ortodoxa* de la mecánica cuántica, o *interpretación de Copenhague*, que asume, según Álvarez-Estrada (1997: 1060), que, cuando un sistema microscópico evoluciona en presencia de un aparato de medida, es imposible separar la descripción del primero de la del segundo, ya que éste siempre influye sobre él. Los sistemas microscópicos carecen pues de propiedades objetivas, independientes de la medición.

Haciendo frente común con Einstein se encuentra la llamada *interpretación causal*, realista y determinista, de De Broglie-Bohm, en la que toda partícula tiene *siempre* una posición y un momento determinados, y en la que, como refiere John Bell (1990a: 238), de Broglie resolvió el *acertijo* ¿onda o partícula?, diciendo: onda y partícula. David Bohm, por su parte, postula la existencia de *parámetros* o *variables ocultas*, cuyo conocimiento permitiría predecir con certeza los resultados de mediciones realizadas sobre sistemas microscópicos. Álvarez-Estrada resume las dos hipótesis fundamentales de la teoría de variables ocultas en los siguientes

términos: a) La descripción mecánico-cuántica es genuinamente incompleta, y b) Es posible especificar el estado de un sistema individual más de lo que la mecánica cuántica permite. De ellas se desprende que la teoría de variables ocultas asume la *tesis realista* de la existencia de un mundo físico independiente del observador y con propiedades definidas e independientes de cualquier medición a que se le someta. Finalmente, la teorías de variables ocultas ha de verificar las *desigualdades de Bell* (Álvarez-Estrada, *op. cit.*, *ibid.*).

La existencia de estos dos paradigmas contrapuestos ha condicionado el desarrollo teórico y experimental de la mecánica cuántica desde su origen hasta nuestros días. En lo que sigue trataré de mostrar sumariamente este conflicto y sus consecuencias.

La concepción mecánico-cuántica de que la información más completa que se puede tener de un sistema está contenida en su función de onda  $\Psi$ , cuyo cuadrado da la probabilidad de los posibles resultados de medida sobre un sistema microscópico, según una propuesta de Born hecha en 1926, desconcertó a físicos destacados, entre ellos a Einstein. Abraham Pais relata así la recepción de las ideas de Born: “Varios físicos principales hallaron difícil, si no imposible, tragar el abandono de la causalidad en sentido clásico; Schrödinger entre ellos. [...] La posición de Einstein en los años que siguieron puede resumirse sucintamente diciendo que hizo objeciones a cada una de las afirmaciones de los trabajos de Born [...] Sus primeras expresiones de duradero disenso -que yo conozca- datan de diciembre de 1926, y por cierto que están contenidas en su respuesta a una de las cartas de Born: ‘La mecánica cuántica es muy impresionante. Pero una voz interior me dice que no es todavía la verdad. La teoría produce mucho, pero difícilmente nos acerca más al secreto del Viejo. En todo caso, estoy convencido de que *Él* no juega a los dados’” (Pais, 1982: 445).

Einstein concede que lo que la función  $\Psi$  expresa es: “¿Cuál es la probabilidad de encontrar una determinada magnitud física  $q$  (o  $p$ ) en un determinado intervalo si la mido en el tiempo  $t$ ?” (Einstein, 1992: 77 y ss.) Pero la cuestión que le resulta acuciante es: “El sistema individual correspondiente ¿tenía ya este valor  $q$  antes de la medición? La pregunta no tiene ninguna respuesta determinada en el marco de la teoría, porque la medición es un proceso que entraña una intervención finita desde el exterior en el sistema; sería por eso pensable que el sistema no adquiriese un valor numérico determinado para  $q$  (o para  $p$ ), el valor numérico medido, sino a través de la propia medición.” Las posiciones alternativas que se pueden presentar ante esta pregunta son para Einstein las siguientes: Un físico afirma que el sistema individual tiene, antes de la medida realizada, el valor de  $q$  (o de  $p$ ) que resulta de la medición, por lo que la función  $\Psi$  no representa de modo exhaustivo, sino sólo de manera *incompleta*, el estado real del sistema. Otro físico sostiene la opinión contraria (Rivadulla, 2004: 154-156). Pues bien es precisamente la forma *incompleta* de representar la realidad por parte de la mecánica cuántica lo que según Einstein conduce a la naturaleza estadística de sus leyes. No obstante, esta idea le resulta tan contraria a su instinto científico que, confiesa: “No puedo abandonar la búsqueda de una concepción más completa” (Einstein, 2000: 287). Y aunque acepta que “es probable que esté descartado que algún conocimiento futuro pueda obligar a la física a abandonar su fundamento actual teórico de carácter estadístico, en favor de otro determinista, que tratara con la realidad física en forma directa,” concluye: “Algunos físicos, y yo mismo entre ellos, no pueden creer que debamos abandonar para siempre la idea de una representación directa de la realidad física en el espacio y en el tiempo; o que tengamos que aceptar el criterio que sostiene que los sucesos naturales son análogos a un juego de azar.” (Einstein, 2000: 301-302)

Es ampliamente conocido que en su famoso artículo de 1935 titulado “¿Puede ser considerada completa la descripción mecánico-cuántica de la realidad?” Albert Einstein, Boris Podolsky y Nathan Rosen argumentan en favor del carácter esencialmente *incompleto* de la descripción mecánico-cuántica de la realidad. Partiendo del supuesto realista de que todo elemento de la realidad física debe tener un correlato en la teoría, la mecánica cuántica resulta ser

incompleta, ya que no concede valores definidos simultáneos a las variables conjugadas mencionadas antes. John Bell asevera que “La paradoja de Einstein, Podolsky y Rosen se propuso como un argumento de que la mecánica cuántica no podía ser una teoría completa, sino que debía ser suplida con variables adicionales. Estas variables adicionales restaurarían la causalidad y localidad en la teoría” (Bell, 1990b: 41).

Supongamos, consideramos EPR, un sistema formado por dos partículas, en un estado en que la posición relativa  $x = x_1 - x_2$  y el momento total  $p = p_1 + p_2$  tienen valores definidos. Según las reglas de la mecánica cuántica  $x$  y  $p$  conmutan, es decir, se puede realizar una medida simultánea de la posición relativa y el momento total del sistema de las partículas en interacción. Una vez preparado el estado, deja de haber interacción entre las dos partículas. No obstante, la medida del momento de la partícula 1 permite predecir con certeza el de la partícula 2, en virtud del principio de conservación del momento total del sistema. En el bien entendido de que, estando ambas partículas separadas espacialmente, y no existiendo interacción entre ellas, la medida realizada en la primera no afecta a la segunda. Conocido el momento de la partícula 2, se mide seguidamente su posición. EPR concluyen que *tanto la posición como el momento de la partícula 2 son elementos de realidad*. Ahora bien sus operadores correspondientes no conmutan, y, según la mecánica cuántica no podrían tener valores definidos simultáneamente. Luego la descripción mecánico-cuántica de la realidad no es completa. La disyuntiva, calificada por Popper (1982b: 22) como *the Einsteinian alternative*, es pues: o bien el principio de indeterminación de la posición y el momento es incorrecto, o bien hay acción a distancia. Se conoce como *principio de localidad* el supuesto de la teoría de la relatividad sobre la inexistencia de acciones *instantáneas* a distancia. De manera que la mecánica cuántica se enfrentaría al principio de localidad. Para John Bell la única forma que EPR tienen de evitar una ‘fantasmagórica acción a distancia’, es “atribuir, al espacio tiempo en cuestión, propiedades *reales* anteriores a la observación, propiedades correlacionadas, que *predeterminan* los resultados de esas observaciones particulares. Puesto que estas propiedades reales, fijadas en avance a la observación, no están contenidas en el formalismo cuántico, ese formalismo es incompleto para EPR” (Bell 1990c: 202).

Ahora bien, si el *realismo local* fuera verdadero, tendrían que verificarse las *desigualdades de Bell*, que son una consecuencia lógica suya. Pero como asevera John Bell: “Es el requisito de localidad, o más precisamente el que el resultado de una medida sobre un sistema no se vea afectado por operaciones sobre un sistema distante con el cual haya interactuado en el pasado, lo que crea la dificultad esencial” (Bell 1990b: 41). Bernard d’Espagnat expresa con claridad cómo la contrastación empírica de las desigualdades de Bell se constituye en el árbitro de la contienda entre realismo local y mecánica cuántica: “La desigualdad de Bell constituye una predicción explícita del resultado de un experimento. Las reglas de la mecánica cuántica pueden usarse para predecir los resultados del mismo experimento. [...] Lo sorprendente es que los resultados de la mecánica cuántica difieren de los de las teorías realistas locales. (...) Por tanto, las teorías realistas locales y la mecánica cuántica son antagónicas” (d’Espagnat 1997: 21). La prueba de este antagonismo constituye el *teorema de Bell*.

La cuestión es pues, si el comportamiento experimental de los sistemas apoya las desigualdades de Bell, o si, por el contrario, resulta compatible con las predicciones de la mecánica cuántica. Al respecto remito al cuadro que Álvarez-Estrada (1997: 1065) presenta sobre los resultados de experimentos de emisión de fotones en cascada, llevados a cabo entre 1972 y 1986, entre los que se encuentran los de Aspect de 1981 y 1982, que muestran una violación de las desigualdades de Bell al tiempo que se ajustan a las predicciones de la mecánica cuántica. De igual modo, experimentos de aniquilación de pares de  $e^-$  y  $e^+$  en dos fotones muestran un acuerdo excelente con las predicciones de la mecánica cuántica y un desacuerdo con las predicciones de la teoría de variables ocultas. Las conclusiones de Álvarez-Estrada son: a) que no hay contradicciones entre los experimentos y las predicciones de la mecánica cuántica, y que las

alternativas propuestas para ‘completar’ la mecánica cuántica son más difícilmente conciliables con los resultados experimentales que ésta, y *b*) que la mecánica cuántica carece de elementos no contrastables experimentalmente, y posee toda la potencia predictiva accesible experimentalmente (Álvarez-Estrada, *op. cit.*, p.1070)

Al rechazo del realismo por parte del instrumentalismo y del relativismo evolucionista se añade su abandono en el marco de la mecánica cuántica contemporánea.

## Bibliografía

- Álvarez-Estrada, R. F. (1997), “Teoría de variables ocultas y resultados experimentales”. En C. Sánchez del Río (coordinador), *Física cuántica*, Ediciones Pirámide, Madrid.
- Barnes, B. (1980), *Estudios sobre sociología de la ciencia*. Alianza Editorial, Madrid
- Barnes, B. (1986), *T. S. Kuhn y las ciencias sociales*, F.C.E., México
- Bell, J. (1990a), “Lo ‘decible’ y lo indecible en mecánica cuántica.” En J. Bell, *Lo decible y lo indecible en mecánica cuántica*, Alianza Editorial, Madrid, Cap. 18.
- Bell, J. (1990b), “Sobre la paradoja de Einstein-Podolsky-Rosen”. En J. Bell, *op. cit.*, Cap. 2.
- Bell, J. (1990c), “Los calcetines de Bertlmann y la naturaleza de la realidad”. En J. Bell, *op. cit.*, Cap. 16
- Bunge, M. (1972): *Teoría y Realidad*. Ariel, Barcelona.
- Bunge, M. (1973): *Philosophy of Physics*. D. Reidel, Dordrecht.
- Carnap, R. (1928), *Der logische Aufbau der Welt*. Felix Meiner, Hamburg. Versión española, *La construcción lógica del mundo*, UNAM, México 1988.
- Carnap, R. (1930), "Die alte und die neue Logik". *Erkenntnis* 1, 1930-1931, 12-26. Versión española, "La antigua y la nueva lógica", en A. Ayer (ed.), *El positivismo lógico*, F.C.E., México 1965
- Carnap, R. (1931), "Die physikalische Sprache als Universalsprache der Wissenschaft", *Erkenntnis* 2, 432-465
- Carnap, R. (1932a), "Psychologie in physikalischer Sprache", *Erkenntnis* 3, 1932-1933, 107-142. Versión española, "Psicología en lenguaje fisicalista", en A. Ayer 1965.
- Carnap, R. (1932b), "Über Protokollsätze", *Erkenntnis* 3, 1932-1933, 215-234.
- Carnap, R. (1935), "Popper, *Logik der Forschung*", *Erkenntnis* 5, 290-294.
- Carnap, R. (1963), "Intellectual Autobiography". En A. Schilpp (ed.), *The philosophy of Rudolf Carnap*. Open Court, La Salle, Illinois.
- Carnap, R., Hahn, H., Neurath, O. (1929), *Wissenschaftschliche Weltauffassung - Der Wiener Kreis*. Veröffentlichungen des Vereines Ernst Mach, Artur Wolf Verlag, Wien. Reimpreso en H. Schlichert (ed.), *Logischer Empirismus - Der Wiener Kreis*. Wilhelm Fink Verlag, München 1975.
- d’Espagnat, B. (1997), “Teoría cuántica y realidad”. *Investigación y Ciencia*, Temas **10**, 13-27.
- Dingler, H. (1913), *Die Grundlagen der Naturphilosophie*, Leipzig.
- Dirac, P. A. (1997), “La concepción física de la naturaleza”, *Investigación y Ciencia*, Temas **10**, 4-12
- Duhem, P. (1906), *La théorie physique. Son Objet et sa Structure*. Chevalier & Rivière, Paris.
- Duhem, P. (1908), *Essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée*. Hermann et Fils. Versión inglesa, *To save the phenomena. An Essay on the idea of physical theory from Plato to Galileo*. Midway Reprint, 1985
- Einstein, A. (1917): *Über die spezielle und allgemeine Relativitätstheorie*, Vieweg, Braunschweig. Versión española, *Sobre la teoría de la relatividad especial y general*. Alianza, Madrid 1994

- Einstein, A. (1992), *Notas autobiográficas*, Alianza Editorial, Madrid
- Einstein, A. (2000), "Física y realidad" y "Los fundamentos de la física teórica". En A. Einstein, *Mis ideas y opiniones*. Bon Ton, Barcelona.
- Eisberg, R. y Resnick, R. (1996), *Física cuántica. Átomos, moléculas, sólidos, núcleos y partículas*. Limusa, Mexico
- Feyerabend, P. K. (1978), "Kuhns 'Struktur wissenschaftlicher Revolutionen'. Ein Trostbüchlein für Spezialisten?". En Feyerabend, *Der wissenschaftliche Realismus und die Autorität der Wissenschaften*. Vieweg, Braunschweig.
- Feyerabend, P. K. (1981), *Probleme des Empirismus*, Vieweg, Braunschweig.
- Fleck, L. (1987), *La génesis y el desarrollo de un hecho científico*. Alianza Editorial, Madrid
- Hahn, H. (1930), "Die Bedeutung der wissenschaftlichen Weltauffassung, insbesondere für Mathematik und Physik". *Erkenntnis* 1, 1930-1931, pp. 96-105
- Hawking, S. W. (1988), *Historia del tiempo*, Ed. Crítica, Barcelona.
- Kuhn, T. S. (1962): *The Structure of Scientific Revolutions*. International Encyclopedia of Unified Science. vol. 2, Number 2. University of Chicago Press. Second edition, enlarged 1970. Versión española, *La estructura de las revoluciones científicas*. F.C.E., Madrid 1981
- Kuhn, T. (1982), "Objetividad, juicios de valor y elección de teoría", en *La tensión esencial*, F.C.E., México 1993
- Kuhn, T. S. (1979), "Foreword". En L. Fleck, *Genesis and Development of a Scientific Fact*. University of Chicago Press, Chicago-London
- Lakatos, I. (1974): "Popper on Demarcation", in A. Shilpp (ed.), *The Philosophy of Karl Popper*, Open Court, La Salle, Illinois.
- Lakatos, I., Musgrave, A. (1970): "Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes", en I. Lakatos & A. Musgrave (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge Univ. Press. Versión española, *La crítica y el desarrollo del conocimiento*, Grijalbo, Barcelona 1975.
- Landau, L. (1992), *Teoría clásica de los campos*. Reverté, Barcelona. Versión inglesa, *The classical theory of fields*, Addison-Wesley, Cambridge, Mass, 1951.
- Munévar, G. (1998), *Evolution and the Naked Truth. A Darwinian approach to philosophy*. Ashgate Publ. Ltd, Aldershot
- Neurath, O. (1930), "Wege der wissenschaftlichen Weltauffassung". *Erkenntnis* 1, 1930-1931, 106-125.
- Neurath, O. (1932), "Protokollsätze", *Erkenntnis* 3, 1932-1933, 204-214. Versión española, "Proposiciones protocolares", en A. Ayer 1965
- Neurath, O. (1934), "Radikaler Physikalismus und 'wirkliche Welt'", *Erkenntnis* 4, 346-362.
- Neurath, O. (1935), "Einheit der Wissenschaft als Aufgabe", *Erkenntnis* 5, 16-22.
- Ostwald, W., (1914), *Moderne Naturphilosophie*, Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig
- Pais, A., (1982), 'El Señor es sutil...' *La ciencia y la vida de Albert Einstein*. Ariel, Barcelona 1984
- Penrose, R. (1991), *La nueva mente del emperador*, Mondadori, Barcelona
- Popper, K. R. (1935): *Logik der Forschung*, Springer, Wien. Versión española, *La lógica de la investigación científica*, Tecnos, Madrid 1994.
- Popper, K. R. (1950): *The Open Society and its Enemies*. Routledge & Kegan Paul, London. Versión española, *La sociedad abierta y sus enemigos*, Paidós, Barcelona 1991
- Popper, K. R. (1963): *Conjectures and Refutations. The Growth of Scientific Knowledge*. Routledge & Kegan Paul, London. Versión española, *El desarrollo del conocimiento científico. Conjeturas y refutaciones*, Paidós, Barcelona 1989

- Popper, K. R. (1972): *Objective Knowledge. An Evolutionary Approach*. Clarendon Press, Oxford. Versión española, *Conocimiento objetivo. Un enfoque evolucionista*. Tecnos, Madrid 1972
- Popper, K. R. (1979), *Die beiden Grundprobleme der Erkenntnistheorie*. J. C. B. Mohr, Tübingen. Versión española, *Los dos problemas fundamentales de la epistemología*. Tecnos, Madrid 1998.
- Popper, K. R. (1982a), *Offene Gesellschaft-offenes Universum*. Franz Deuticke, Viena. Versión española, *Sociedad abierta, universo abierto*. Tecnos, Madrid, 1984.
- Popper, K. R. (1982b), "On a realistic and commonsense interpretation of Quantum theory". En K. Popper, *Quantum Theory and the Schism in Physics*. Hutchinson, London. Versión española, *Teoría cuántica y el cisma en física*. Tecnos, Madrid.
- Popper, K. R. (1983): "La racionalidad de las revoluciones científicas", *Teorema* XIII/1-2, 109-140. Versión original, "The rationality of Scientific Revolutions", aparecida en R. Harré (ed.), *Problems of Scientific Revolution*, 1975, y reimpressa en Karl Popper, *The Myth of the Framework*, Routledge, London, 1994
- Popper, K. (1985), *Realismo y el objetivo de la ciencia*. Tecnos, Madrid
- Popper, K. R. (1991), "Los dos significados de falsabilidad". *Revista de filosofía* IV, núm. 5, 3-11. Título original, "Zwei Bedeutungen von Falsifizierbarkeit", in H. Seiffert & G. Radnitzky (eds.), *Handlexikon zur Wissenschaftstheorie*. Ehrenwirth Verlag GmbH, Munich
- Popper, K. R. (1994), "Philosophy and Physics". En K. Popper, *The Myth of the Framework*. Routledge, London, Cap. 5
- Putnam, H. (1978): "Realism and Reason". En H. Putnam, *Meaning and the Moral Sciences* Routledge & Kegan Paul, London.
- Putnam, H. (1981): *Reason Truth and History*. Cambridge Uni. Pr., Cambridge. Versión española, *Razón, verdad e historia*, Tecnos, Madrid 1988
- Putnam, H. (1982): "Why Reason Can't Be Naturalized". *Synthese* 52, 3-23.
- Reichenbach, H. (1931), *Ziele und Wege der heutigen Naturphilosophie*, Felix Meiner, Leipzig.
- Rivadulla, A. (1987), "Ludwik Fleck: la irrupción de la orientación histórico-sociológica en epistemología". *Arbor* nº 502, 31-63
- Rivadulla, A. (1990a), "El enfoque sociológico de Kuhn de las revoluciones científicas". En W. J. González (ed.), *Aspectos metodológicos de la investigación científica*. Universidad Autónoma de Madrid-Universidad de Murcia
- Rivadulla, A. (1990b), "La racionalidad de la metodología lakatosiana de los programas de investigación científica. Una revisión de la teoría popperiana de la racionalidad". *Ibidem*.
- Rivadulla, A. (2004), *Éxito, razón y cambio en física. Un enfoque instrumental en teoría de la ciencia*, Trotta, Madrid
- Rorty, R. (1979), *Philosophy and the Mirror of Nature*, Princeton Univ. Press, Princeton, New Jersey. Versión española, *La filosofía y el espejo de la naturaleza*, Cátedra, Madrid 1995
- Rorty, R. (1998), *Truth and Progress. Philosophical Papers, Vol. 3*. Cambridge Univ. Press,
- Schlick, M. (1930), "Die Wende der Philosophie". *Erkenntnis* 1, 1930-1931, 4-11. Versión española en A. Ayer, 1965
- Sneed, J. (1971), *The logical structure of mathematical physics*. D. Reidel, Dordrecht.
- Stegmüller, W. (1969), *Der Phänomenalismus und seine Schwierigkeiten*. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt
- Stegmüller, W. (1979), *Teoría y experiencia*. Ariel, Barcelona
- Stegmüller, W. (1980), *Neue Wege der Wissenschaftsphilosophie*, Springer, Berlin.
- Tuomela, R. (1973): *Theoretical Concepts*. Springer Verlag, Wien-New York.

- Van Fraassen, B. (1980), *The Scientific Image*, Clarendon Pres, Oxford. Versión española *La imagen científica*, Paidós, México 1996
- Van Fraassen, B. (1985), "Empiricism in the Philosophy of Science". En P. M. Churchland & C. a. Hooker (eds.), *Images of Science*, University of Chicago Press.
- Wheeler, J. A. & Tegmark, M. (2001), "Cien años de misterios cuánticos", *Investigación y Ciencia*, Abril 2001, 48-56
- Ziman, J. (1986), *Introducción al estudio de las ciencias*. Ariel, Barcelona

### **Manuales de filosofía de la ciencia**

- Díez Calzada, J. A., Moulines, C.U., *Fundamentos de filosofía de la ciencia*, Ariel, Barcelona 1997
- Echeverría, J., *Introducción a la metodología de la ciencia*, Cátedra, Madrid 1999
- Estany, A., *Introducción a la filosofía de la ciencia*, Crítica, Barcelona 1992
- Rivadulla, A. (1986): *Filosofía Actual de la Ciencia*, Tecnos, Madrid.