

## CUATRO PARADIGMAS BÁSICOS SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA.

Ángel Vázquez Alonso\*, José Antonio Acevedo Díaz\*\*, M<sup>a</sup> Antonia Manassero Mas\*\*\* y Pilar Acevedo Romero

(\*) Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de las Islas Baleares-España.

(\*\*) Inspección de Educación. Consejería de Educación de la Junta de Andalucía. Delegación Provincial de Huelva-España.

(\*\*\*) Departamento de Psicología. Universidad de las Islas Baleares-España.

(\*\*\*\*) Departamento de Química Analítica. Universidad de Sevilla-España.

### Resumen

Cada vez más, la comprensión de la naturaleza de la ciencia es un importante objetivo de los actuales movimientos para la reforma de la educación científica. Sin embargo, se trata de un concepto dialéctico y elusivo, que se construye a partir del análisis histórico, epistemológico y sociológico de la ciencia. Este artículo va más allá de los habituales análisis basados en autores individuales; se pretende establecer un conjunto de ideas sobre la naturaleza de la ciencia con base en cuatro paradigmas esenciales: positivismo, realismo, instrumentalismo y relativismo. Las controversias y acuerdos entre estas perspectivas son claves para lograr una concepción más global, coherente y avanzada de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia.

---

El extraordinario éxito y progreso alcanzados en los últimos tres siglos por la "filosofía natural", más tarde denominada ciencia natural y después ciencia, sin más, han rodeado a ésta, a los científicos y sus realizaciones de una aureola de prestigio y consideración. Como consecuencia de ello se ha concitado sobre la ciencia una gran atención investigadora, tratando de identificar sus características propias y específicas, con especial atención a la racionalidad implicada en la práctica científica. Fundamentalmente, estos análisis se han desarrollado por tres vías principales de investigación que, aunque diferentes, acaban siendo convergentes, dada la unidad del problema que tratan. La primera corresponde a la historia de la ciencia, que es una herramienta básica para las otras dos. La segunda es la reflexión filosófica, que tradicionalmente se ha centrado en las cualidades del denominado método científico para el avance de esta forma de conocimiento. La tercera es la sociología de la ciencia, que pone un contrapunto empírico a los análisis filosófico-metodológicos, resaltando la insuficiencia de éstos para dar cuenta, con precisión, de todos los aspectos implicados en el progreso científico. En la práctica, estas tres vías resultan en gran modo complementarias para comprender la manera de proceder de la ciencia, aunque desde

diversas instancias se ha intentado muchas veces reducir la reflexión sobre ésta (metodológica, histórica o sociológica) al análisis de sus propias categorías y esquemas empíricos, estudiando las teorías científicas desde un punto de vista estático, esto es, una vez elaboradas y no desde una perspectiva dinámica, a lo largo de su proceso de construcción y desarrollo; propuesta que ha conducido inevitablemente a potenciar posiciones de fe ciega en la ciencia (cientifismo) que hoy día no parecen tener ninguna perspectiva de éxito (Radnitzky y Andersson, 1982).

Comprender la ciencia no puede reducirse al saber enciclopédico de sus principales hechos, conceptos y principios, como ha defendido la enseñanza tradicional. En los últimos años y en el marco de la educación científica, el objetivo de lograr una adecuada comprensión de la naturaleza de la ciencia ha amplificado su importancia por considerarse central para una auténtica alfabetización científica de todos los ciudadanos<sup>2</sup>. Sin embargo, diversos estudios e investigaciones han constatado que la educación científica no ha conseguido alcanzarlo hasta ahora, no sólo entre el alumnado (Lederman, 1992; Meichtry, 1993; Solbes y Traver, 1996) sino, incluso, entre el profesorado (Aguirre, Haggerty y Linder, 1990; Bloom, 1989; Lakin y Wellington, 1994; Lederman y Zeidler, 1987), aunque también se han señalado resultados más matizados (Acevedo, 1994, 2000; Manassero, Vázquez y Acevedo 2001)<sup>3</sup> y algunos hasta esperanzadores (Lederman y O'Malley, 1990; Aikenhead, 1987; Manassero y Vázquez, 1998).

La intensa investigación filosófica realizada en este campo ha ido reduciendo las cuestiones epistemológicas más importantes sobre la naturaleza de la ciencia a unos pocos, pero enjundiosos, temas concretos, tales como la conceptualización de las teorías científicas, la inconmensurabilidad, las anomalías, las controversias y el contraste entre teorías, así como las condiciones que causan el cambio de teorías y el progreso científico, la conceptualización del progreso mismo, los métodos y criterios de validación del conocimiento científico (la racionalidad científica), el concepto de verdad, los intereses y determinantes de la producción científica, etc. Por su interés para conseguir el objetivo educativo señalado, la filosofía y la historia de la ciencia están recibiendo atención continuada en diversas revistas especializadas en educación científica, extranjeras (por ejemplo, *International Journal of Science Education*, *Journal of Research in Science Teaching*, *Science Education* y *Science & Education*, entre otras)<sup>4</sup> y españolas (por ejemplo, *Enseñanza de las Ciencias e Investigación en la Escuela*), presentando análisis de las posiciones de algunos pensadores (por ejemplo, Aliberas, Gutiérrez e Izquierdo, 1989; Harres y Porlán, 1999; López-Rupérez, 1990; Mellado y Carracedo, 1993; Porlán, 1990), con el objetivo de dar una formación epistemológica básica y fundamentar diversas posiciones en didáctica de las ciencias.

La investigación epistemológica y sociológica sobre la ciencia ha dado lugar a una imagen de ésta compleja y poco asequible para los profanos. No obstante, las construcciones epistemológicas de diferentes autores han trascendido su mera

individualidad para consolidar diversas escuelas o corrientes sobre la naturaleza de la ciencia, con importantes diferencias entre ellas pero también algunas coincidencias. Este artículo pretende superar el análisis basado en un autor concreto o una posición determinada, como ha ocurrido muy a menudo en la didáctica de las ciencias, para pasar a estudiar comparativamente cuatro importantes paradigmas (positivismo, realismo, pragmatismo y relativismo), entendidos como marcos generales de investigación que se consideran básicos para fundamentar un planteamiento educativo coherente con el objetivo de conseguir una mejor comprensión de la naturaleza de la ciencia en la enseñanza científica, a partir de las coincidencias y las discrepancias entre estos paradigmas. Puesto que el positivismo ha sido históricamente el primero en consolidarse, el análisis se iniciará con él. Los restantes son consecuencia de distintas críticas al positivismo, donde el relativismo le sigue en la exposición por ser la más radical y, también, porque es una forma de entender mejor los otros dos, el realismo y el pragmatismo, que en cierto modo defienden posiciones intermedias entre el positivismo y el relativismo.

### Positivismo

Cuando se nombra el positivismo hoy en día, los filósofos se suelen referir más bien a la Escuela de Berlín y al famoso Círculo de Viena, con Reichenbach y Carnap al frente, respectivamente, antes que a Comte, que fue quien utilizó por primera vez el nombre de positivismo cuando escribió su Curso de filosofía positiva en el siglo XIX<sup>5</sup>. Este positivismo lógico, que se asienta sobre factores epistémicos, hechos empíricos y razonamiento lógico, se desarrolló especialmente en los años treinta, aunque ha pervivido con fuerza por lo menos hasta finales de los años cincuenta y con diversas adiciones (neopositivismo) hasta finales del siglo XX, siendo Hempel y Nagel también nombres claves en esta línea de pensamiento. El gran proyecto del Círculo de Viena fue la elaboración de la Enciclopedia para la Ciencia Unificada, en el que la reducción de unas ciencias a otras era el objetivo fundamental<sup>6</sup>. Según esta perspectiva, el progreso científico está ligado a procesos de reducción de teorías, destacando dos tipos; uno por el que una teoría científica suficientemente probada extiende su campo de acción a otros fenómenos que habían sido estudiados de manera diferente, reduciéndolos a sus propios términos y marco teórico, y otro que consiste en la inclusión en una teoría científica más amplia de otras que estaban bien establecidas y aceptadas en sus propios dominios<sup>7</sup>.

Los positivistas lógicos identifican la filosofía de la ciencia con la epistemología científica, o más propiamente reducen la primera a la segunda. En los años treinta Reichenbach estableció explícitamente que la tarea a realizar por los epistemólogos era la reconstrucción lógica. Este filósofo distinguió también claramente entre el contexto de descubrimiento (ciencia privada) y el contexto de justificación (ciencia pública). Según Reichenbach, los filósofos de la ciencia no tienen por qué ocuparse de cómo se llega a

producir el descubrimiento científico (su génesis), sino de los resultados finales de la investigación científica expresados en artículos o libros (hechos descubiertos, teorías elaboradas, métodos lógicos empleados y la justificación empírica de las consecuencias y predicciones derivadas de las teorías). Con esta distinción, los epistemólogos positivistas no se ocuparán de los procesos científicos reales, sino que elaborarán exclusivamente sus reconstrucciones lógicas<sup>8</sup>. Desde esta perspectiva la filosofía de la ciencia se convierte en una metaciencia (una ciencia de la ciencia), concentrando su objeto de estudio exclusivamente en el conocimiento elaborado. Este reduccionismo de la ciencia al conocimiento puro, descuidando los aspectos prácticos de la actividad científica y tecnológica (y la actual tecnociencia) es otro de los numerosos aspectos por el que los positivistas lógicos han sido muy criticados (Hacking, 1983).

A comienzos de los sesenta, Putnan propuso englobar bajo el nombre de Concepción Heredada (Received View) al conjunto de ideas básicas que caracterizaban al neopositivismo y a la filosofía analítica de la ciencia que dominaba hasta entonces la epistemología de la ciencia. Como recuerda Echeverría (1999, p. 37), el Simposio de Urbana, celebrado del 26 al 29 de marzo de 1969, supuso un gran debate entre las tesis centrales de la Concepción Heredada y las profundas críticas que se le planteaban (Suppe, 1974). En la actualidad, desde un punto de vista global, la tradición positivista está superada y no goza de una aceptación mayoritaria, pero su conocimiento es necesario para comprender los debates que dieron lugar a nuevos puntos de vista epistemológicos sobre la naturaleza de la ciencia y también, desde la perspectiva educativa de este artículo, porque pese a todo la filosofía positivista aún continúa vigente en nuestras aulas, tanto en el pensamiento del profesorado de ciencias como en muchos libros de texto de uso habitual.

Hacking (1983, pp. 61-62 de la traducción en español, 1996) caracteriza al positivismo por las siguientes ideas básicas:

- Hace hincapié en la verificación (o alguna variante como la falsabilidad).
- Cultiva en exceso la observación.
- Es contrario a la causación. No es necesario buscar causas en la naturaleza, tan sólo regularidades del tipo antecedente-consecuente.
- No da suficiente importancia a las explicaciones científicas.
- Es refractario a las entidades teóricas (antirrealismo).
- Se opone radicalmente a la metafísica, que se considera estéril para la ciencia porque está construida sin ningún correlato empírico, aplicando la navaja de Occam de manera tajante para descartar del pensamiento científico todo lo que recuerde a filosofía especulativa (empirismo antimetafísico).

Cuando nos referimos al positivismo lógico, habría que añadir a los rasgos positivistas anteriores la importancia concedida a la lógica, así como el interés por el significado y el análisis del lenguaje. Sin embargo, estas nuevas características son ajenas a los primeros positivistas y también al contemporáneo Van Fraassen (1980), que comparte

cinco de las ideas básicas señaladas por Hacking, todas menos el entusiasmo por la verificación o alguna de sus variantes, que realmente alcanzó su máximo vigor en los años en que triunfaba el positivismo lógico.

El positivismo contempla a la ciencia como un intento de codificar y anticipar la experiencia y, más aún, considera que el método científico es el único intento válido de conocimiento, basado en los datos observacionales y las mediciones de magnitudes y sucesos. Así pues, una de las tesis básicas del positivismo lógico es el dogma de la unidad y universalidad del método científico. Se desarrollan teorías y leyes para correlacionar datos empíricos y, por tanto, la teoría verdadera es la mejor contrastada, esto es, la que se ajusta mejor a todos los datos observacionales, denominada teoría empíricamente adecuada. La verdad de la ciencia consiste en el mejor grado de bondad en ese ajuste, que determina la adecuación empírica de las teorías. En definitiva, sólo son creíbles aquellas proposiciones cuya verdad pueda establecerse por medio de observaciones. Además, el positivismo sostiene la existencia de un criterio radical de demarcación entre la ciencia y la no-ciencia, que sería la aplicación de dicho método científico único y universal, consistente en un conjunto de reglas objetivas y universales para el diseño de experimentos y la evaluación de teorías que aseguran el éxito y el progreso.

Para los positivistas la ciencia progresa en la medida en que las teorías pueden predecir y explicar más que sus predecesoras<sup>2</sup>. Suele defenderse como criterio de progreso científico que la teoría nueva contenga a la vieja como caso límite y así permita retener sus éxitos (que tenga una mayor generalidad) y corregir sus errores. El concepto positivista de progreso científico, que resulta del cambio racional de teorías científicas (una teoría es reducida por otra que la sustituye), es acumulativo y se puede sintetizar en tres condiciones que debe cumplir la nueva teoría (Nagel 1961):

- Toda explicación o predicción confirmada por la antigua teoría debe estar incluida en la nueva. Como ambas abarcan los mismos temas, las dos teorías serán conmensurables.
- Ha de tener conclusiones empíricas no incluidas en la precedente (se habla de progreso si y sólo si existen nuevas leyes que describen correctamente fenómenos no explicados anteriormente).
- Tiene que evitar las consecuencias falsas de la teoría antecedente (condición fuerte).

Como hace notar Hacking (1983), a comienzos de la década de los sesenta, la mayoría de los filósofos anglosajones estaban más o menos de acuerdo con las ideas de Nagel, pero pronto surgirían Kuhn y Feyerabend y la tesis de la inconmensurabilidad entre teorías: la nueva teoría puede acabar reemplazando los temas, conceptos y problemas que abordaba la teoría antigua. Seguramente por influjo de las contundentes críticas recibidas, sobre todo a partir de los años sesenta, el positivismo ha suavizado posteriormente sus posiciones más duras, en particular las que se refieren a la

objetividad y precedencia absoluta de los datos empíricos, así como la defensa a ultranza de las observaciones, hasta admitir la existencia de una cierta continuidad entre observaciones y teoría, pero manteniendo siempre lo observacional como algo más seguro y previo a lo teórico. Ciertos neopositivistas llegan a admitir algunas de las tesis relativistas más débiles sobre las teorías, tales como la inducción pesimista de la historia (cualquier teoría será superada por otra teoría, luego se puede presumir falsa aunque no lo sepamos todavía) y la carga teórica inherente a toda observación (cualquier protocolo observacional presupone algún supuesto de teoría)<sup>10</sup>.

El positivismo pasa por ser la posición más infalibilista, pero con matices que van desde el radicalismo de aceptar sin límites el principio de inducción (inductivismo ingenuo), cuya demostración no fue capaz de resolver Carnap, hasta neopositivistas que aceptan el principio de Hume (ningún enunciado universal puede deducirse de un conjunto finito de casos favorables). El positivismo cree en la posibilidad de contrastar hipótesis aisladas, en contra de la tesis holista de Duhem-Quine (citado en Laudan, 1990, pp. 60-61 de la traducción española, 1993), que afirma la imposibilidad de deducir la falsedad de ningún elemento aislado de una red de enunciados, ni siquiera a partir de la falsedad del todo, ya que, en una contrastación, las hipótesis nunca se enfrentan aisladamente con la experiencia, sino como una parte de agrupaciones mayores que suponen otras hipótesis, condiciones iniciales, de contorno, etc. Por último, para los positivistas, el cambio y el progreso científico se alcanzan aplicando las reglas codificadas de la ciencia y, en consecuencia, ambos están por encima de cualquier consideración particular o interesada. De aquí concluyen que la ciencia es el único camino para el conocimiento válido (reduccionismo cientifista); esto es, el conocimiento científico es el único válido, objetivo y verdadero.

## Relativismo

Los parcialmente fallidos intentos de codificar la metodología científica por los positivistas lógicos del Círculo de Viena<sup>11</sup>, Popper y otros epistemólogos de la primera mitad del siglo XX, han conducido, en determinados ambientes intelectuales, a un escepticismo que en ocasiones resulta bastante irracional: el relativismo<sup>12</sup>. En la década de los cincuenta, Toulmin (1953) ya recalcó que los análisis de la filosofía de la ciencia tenían que ir más allá de una imagen estática de las teorías científicas bien establecidas, para investigarlas en su proceso de constitución y desarrollo, con todas las discontinuidades que esto pudiera implicar en sus estructuras lógicas (Echeverría, 1999). Toulmin no era un relativista, pero su insistencia en la dinámica de las teorías científicas, desarrollada más tarde desde un punto de vista evolucionista y en buena parte instrumentalista (Toulmin, 1972), y en la importancia de la Historia de la Ciencia y del contexto de descubrimiento para la epistemología de la ciencia, fue un anticipo de lo que se llamaría el giro historicista (historical turn), que tanta importancia tendría para el relativismo y su severa crítica tanto al positivismo lógico como al racionalismo crítico de

Popper. En la misma década, Hanson (1958) también denunció la falta de contacto de los filósofos de la Concepción Heredada con la investigación científica real, porque centraban sus estudios solamente en teorías científicas ya constituidas, acabadas y aceptadas, restringiendo la filosofía de la ciencia al contexto de justificación. Las ideas de Hanson fueron retomadas por Kuhn y Feyerabend, que suelen considerarse los primeros referentes filosóficos importantes del relativismo.

La publicación del libro de Kuhn *La estructura de las revoluciones científicas* marcó una nueva etapa en la filosofía de la ciencia del siglo XX y en los estudios sobre la ciencia en general, estando asociada con el nacimiento del movimiento relativista<sup>13</sup>. En esta obra, que es un clásico del siglo XX sobre la metodología científica (desde su aparición se han vendido en torno a un millón de ejemplares y se ha traducido a unos veinte idiomas), se destaca la enorme importancia de la Historia de la Ciencia para estudiar la metodología científica<sup>14</sup>. Kuhn (1962) no sólo se opone a una concepción positivista y acumulativa del progreso científico, proponiendo un punto de vista discontinuo del mismo, sino que también se enfrenta al falsacionismo de Popper.

El relativismo considera a la ciencia ante todo una actividad social y humana, una más de las emprendidas por la humanidad para lograr conocimientos sobre el mundo, y, por tanto, se la contempla como una vía más de conocimiento, ni exclusiva ni excluyente de otras distintas, pero igualmente válidas para dicho fin. Por la consideración e importancia concedida a los aspectos personales (intereses, creencias propias, etc.) y contextuales (sociales, relacionales, políticos, económicos, etc.) y su influencia en la generación del conocimiento científico (el contexto de descubrimiento), el relativismo ha sido tildado de introducir aspectos psicológicos y subjetivos en la epistemología de la ciencia. La tesis básica del relativismo sostiene el falibilismo extremo de la ciencia (y, en general, de cualquier forma de conocimiento humano): las pruebas, especialmente las empíricas, no son decisivas para conformar las verdades científicas; es decir, las afirmaciones sobre el mundo no provienen exclusivamente de los datos observacionales. El primer argumento se refiere a la carga teórica inherente a todo protocolo de observación por empírico que éste sea (Hanson, 1958), de ahí que todo el conocimiento científico sea en el fondo teoría, o viene precedido por ella. El segundo argumento, referente a la falta de validez del principio de inducción, es de carácter lógico y ya había sido utilizado desde otras posiciones por Popper (1958): sólo se puede acceder a un número finito de observaciones y la lógica demuestra la existencia de un gran número de hipótesis compatibles con un conjunto finito de observaciones, que incluso pueden ser contradictorias entre sí. Así pues, no tiene mucho sentido hacer referencia a experimentos cruciales, porque la evidencia empírica por sí sola no puede permitir decidir entre teorías rivales incompatibles; incluso en el caso de que pudieran cubrirse todas las consecuencias posibles podrían existir múltiples teorías compatibles con ellas. Esta relativización del poder de las pruebas para validar el conocimiento se sitúa en el extremo opuesto del positivismo, que las considera incontrovertibles y el único criterio

posible para la contrastación de las teorías. El tercer argumento relativista insiste en el carácter convencional de las pruebas empíricas. En primer lugar, toda observación se codifica en un lenguaje que es una convención más y, en segundo lugar, la decisión de aceptar un registro de observación como verídico es también convencional. La conclusión es que toda observación supone convenciones y si éstas no son ni verdaderas ni falsas (simplemente se aceptan o no), cualquier observación tampoco lo será, por lo cual difícilmente podrá servir para hacer una falsación, contrastación o verificación de una teoría, lo que constituye la expresión máxima del anarquismo metodológico<sup>15</sup> (Feyerabend, 1975).

Un concepto clave del trabajo de Kuhn (1962) es el de paradigma, reelaborado y matizado varias veces desde las formulaciones iniciales, incluyendo un cambio de nombre que no ha conseguido la misma popularidad (matriz disciplinar, en su sentido más general, como el conjunto de compromisos compartidos por una comunidad científica, y ejemplares, en un sentido más estricto, como los casos paradigmáticos bien establecidos que se toman como referencia). Aunque se han contabilizado numerosos sentidos diferentes de la noción de paradigma (más de veinte), utilizados por el propio Kuhn en su clásica obra, éstos pueden resumirse en tres grandes grupos:

- Aspecto filosófico (metafísico) del paradigma, que proporciona la imagen del mundo y las creencias básicas de los científicos sobre lo que puede ser la realidad.
- Aspecto sociológico del paradigma, referente a la parte institucional del mismo; esto es, a la estructura y las señas de identidad de la comunidad de científicos seguidores del paradigma, así como las relaciones internas y externas de esta comunidad.
- Aspecto científico-técnico del paradigma, relacionado con los problemas resueltos y las cuestiones explicadas por su utilización.

Un paradigma está formado básicamente por un conjunto de supuestos muy generales sobre el mundo (ontología del paradigma) y otro sobre la forma en que éste puede estudiarse (métodos para acceder al conocimiento o epistemología del paradigma). La parte metodológica y la teoría sustantiva del paradigma no están entrelazadas de forma inseparable, ya que las teorías no apoyan siempre a las reglas asociadas al paradigma. Desde el relativismo y otros enfoques asociados al giro historicista, se considera que las teorías científicas no pueden ser las unidades básicas para el estudio del progreso científico, ya que su generación y desarrollo se da dentro de un marco de investigación más general, que incluye compromisos o supuestos básicos compartidos por la comunidad de científicos especialistas en un campo de conocimiento. Estos marcos generales de investigación cambian con el tiempo y constituyen las unidades más adecuadas para los análisis sobre la ciencia. Los acontecimientos históricos más interesantes son aquellos en los que se producen cambios profundos en los marcos generales que guían la investigación científica. Durante los períodos en que una ciencia está madura (ciencia normal), que se caracterizan por la estabilidad del paradigma, los



científicos se afanan en contrastar y refutar versiones concretas de éste, resolviendo problemas y cuestiones dentro del mismo (en Pérez-Ransanz, 1999, pp. 34-66, puede consultarse una explicación acerca de la naturaleza y el papel de los paradigmas, así como sobre las funciones de los procesos de investigación durante la ciencia normal).

Los problemas que se resisten a ser solucionados no se consideran falsaciones del paradigma sino anomalías. Éstas son expectativas inducidas por una teoría que no se han cumplido y representan auténticos desafíos epistemológicos. La mera existencia de anomalías sin resolver no tiene por qué hacer entrar en crisis al paradigma, ya que siempre hay, y habrá, experiencias u observaciones que no se pueden explicar de manera plenamente satisfactoria, o que incluso están en contradicción con el marco teórico vigente, y que se aparcan a la espera de tiempos mejores, ya que de lo contrario sería imposible hacer ciencia normal. Además, un desacuerdo con alguna predicción de una teoría puede tener muchas otras explicaciones al margen de ésta, por lo que es poco razonable rechazar una teoría científica que cuente con muchos éxitos solamente porque se haya falsado alguna de sus predicciones. Sin embargo, en determinadas condiciones especiales, las anomalías pueden desarrollarse de tal forma que minen la confianza en el paradigma. Por ejemplo, aquellas anomalías que tengan que ver con los propios fundamentos del paradigma o con alguna necesidad social apremiante serán especialmente importantes y podrían originar que éste entre en crisis. La cantidad de anomalías importantes también influirá en el comienzo de la crisis y la gravedad de ésta aumentará cuando aparece un paradigma rival. Con la crisis de un paradigma comienza la ciencia extraordinaria o revolucionaria. Durante los períodos de ciencia extraordinaria algunos científicos cambian el núcleo, la ontología y los criterios del paradigma, pero no existe una norma de racionalidad que pruebe que éste se encuentra definitivamente desahuciado; las razones a favor o en contra de un sistema de creencias son equipotentes, ya que las pruebas empíricas nunca son suficientes para cambiarlo. La naturaleza holista de las teorías científicas permite negar que éstas estén bien confirmadas o falsadas, y más aún si se tiene en cuenta la utilización de las hipótesis auxiliares (ad hoc) que permiten mantenerlas. Por tanto, nunca se puede decir que una teoría está desacreditada del todo por fuertes que sean las pruebas empíricas en su contra, ni que una teoría desacreditada no pueda revitalizarse más adelante. El relativismo sostiene que los científicos no renuncian fácilmente a sus teorías cuando les suministran predicciones erróneas; los paradigmas son abandonados en grandes grupos por otras razones muy diversas.

Kuhn (1962) estableció tres diferencias esenciales entre paradigmas rivales:

- tienen diferentes concepciones sobre la ciencia de la que se ocupan y tratan de resolver diferentes problemas.
- Entre ellos se dan divergencias conceptuales que están unidas a sus diferentes lenguajes teóricos y a la distinta interpretación ontológica de los datos que analizan.
- Sus respectivos defensores no perciben la misma visión del mundo.

Estas tesis se oponen al principal dogma positivista: la existencia de una misma base empírica para todos los científicos. A partir de análisis de casos históricos, Kuhn (1962) se muestra en contra, subrayando que las diferencias entre dos paradigmas rivales son irreconciliables, pudiendo ser ontológicas, epistemológicas, conceptuales y perceptivas. Los cambios drásticos de paradigmas (revoluciones científicas) suponen siempre una modificación en la visión de los científicos sobre el mundo, aunque éste no cambie. Por tal motivo, pese a que las explicaciones de Kuhn de los procesos radicales de cambio científico se han considerado relativistas, no parece razonable considerar a Kuhn un relativista ontológico, sino más bien un relativista epistemológico.

Otro de los argumentos relativistas más elaborados sobre la imposibilidad de comparar las teorías científicas adecuadamente es la tesis de la inconmensurabilidad, que plantea el problema de la traducción del significado de los conceptos entre paradigmas rivales. Las nociones científicas no están aisladas, sino que su significado les viene conferido por la red de supuestos con los que están asociadas en el marco del paradigma. La traducción entre paradigmas está radicalmente infradeterminada por las experiencias, de modo que nunca podemos estar seguros de haber llegado al significado real de los términos en su lenguaje propio. Esta tesis es central en toda la obra de Kuhn, guarda una estrecha relación con la carga teórica de la observación y también tiene implicaciones ontológicas que han contribuido a reavivar la polémica sobre el realismo en los últimos años (Pérez-Ransanz 1999). Así mismo, representa la fuente más poderosa de argumentos contra la popular idea de que las teorías acaban siendo incluidas (reducidas) en las teorías alternativas triunfantes y, por tanto, que el desarrollo científico es acumulativo (una idea común, difundida y asumida desde el mismo nacimiento de la ciencia moderna en el siglo XVII, que se asocia a la imagen oficial de la ciencia), ya que la inconmensurabilidad permite dar cuenta de las rupturas y las pérdidas que necesariamente se producen en las revoluciones científicas entre dos paradigmas rivales.

Inicialmente, Kuhn (1962) utilizó la inconmensurabilidad desde posiciones menos radicales que las de Feyerabend (1975); pero, mientras que éste se limita al nivel semántico (Vázquez, 1997), Kuhn se extiende a un ámbito mucho más amplio, abarcando las diferencias entre paradigmas rivales tanto en los aspectos cognitivos (supuestos ontológicos de existencia, percepción del mundo, sistemas conceptuales, postulados teóricos, etc.) como metodológicos (estrategias procedimentales, técnicas experimentales, criterios de evaluación, etc.). Esta versión kuhniana, centrada en la inconmensurabilidad entre paradigmas, es más global y, en consecuencia, pierde precisión respecto a la de Feyerabend (Pérez-Ransanz 1999). En sus escritos posteriores de las décadas de los setenta y los ochenta, Kuhn (1983a, 1983b) ganó claridad acotándola a la imposibilidad de traducir los lenguajes científicos de teorías rivales (Zamora, 1994). De esta manera Kuhn ha acabado por mantener tesis con algunas semejanzas (pero también con importantes diferencias) a las de Quine (1960) sobre la

indeterminación de la traducción (Vázquez 1997), convirtiéndose en un relativista lingüístico. Para Kuhn, no hay, ni puede haber, un lenguaje universal para la ciencia, porque los diferentes paradigmas modifican el lenguaje científico profundamente al tener una generalización simbólica distinta cada uno de ellos (Echeverría, 1999). Posteriormente, Kuhn (1991) se mostró convencido de que su tesis de la inconmensurabilidad no se oponía a la racionalidad científica sino que abría el camino hacia otra forma de concebirla<sup>16</sup>, que no está basada en la posibilidad de una completa traducción semántica. Frente a la exigencia de traducción de significados, Kuhn argumenta que la racionalidad científica lo que necesita es la interpretación y comprensión de las teorías rivales (Zamora, 1994), algo que es muy familiar en el trabajo de los historiadores de la ciencia. En esta nueva aproximación al problema de la racionalidad, los principios normativos y evaluativos deben obtenerse de la Historia de la Ciencia, en vez de importarlos directamente de algún paradigma preferido para tomarlos como el fundamento de la reconstrucción racional a priori de la ciencia.

Para Feyerabend (1975) dos teorías científicas rivales son inconmensurables cuando sus principios fundamentales son tan radicalmente diferentes que no es posible formular los conceptos básicos de una de ellas en los términos de la otra, con lo que ambas teorías no compartirán ningún enunciado observacional y no será posible compararlas desde un punto de vista lógico. Aunque sean inconmensurables existen algunas formas de compararlas; por ejemplo, puede hacerse en función de su coherencia interna o de su fiabilidad. También se pueden confrontar con una serie de situaciones observables y ver cuál es el grado de compatibilidad de cada una de ellas con tales situaciones, interpretadas siempre en función de sus propios términos. El problema surge a la hora de elegir los criterios de comparación adecuados. Feyerabend (1975) subraya que la resolución de esta cuestión y, por tanto, la elección entre dos teorías rivales inconmensurables es subjetiva<sup>17</sup>. Esta conclusión ha sido criticada por Chalmers (1982) y Olivé (1992), entre otros, matizando que aun cuando las valoraciones que puedan hacerse de una teoría científica sean en parte subjetivas, ya que están condicionadas por factores contextuales, esto no significa que forzosamente sean inmunes a una argumentación racional, estando abiertas a la crítica e, incluso, a un posible cambio de opinión a partir de buenos argumentos y de la modificación de las condiciones contextuales.

Otra de las cuestiones importantes suscitada por el relativismo es la demarcación entre lo que es ciencia y lo que no lo es. Para un racionalista sólo son teorías científicas las que pueden ser evaluadas con un criterio universal y superen la prueba empírica correspondiente. Por el contrario, un relativista negará la posibilidad de que exista un criterio de racionalidad único, intemporal y universal, por el que una teoría pueda ser considerada mejor o peor que su rival. Aunque moderado, Kuhn sí se muestra relativista en esta cuestión ya que rechaza la necesidad de tajantes fundamentos universales para evaluar el conocimiento científico; los criterios de valoración de las teorías científicas

pueden variar de un científico a otro y, más aún, de una comunidad de científicos a otra. Para comprender por qué un científico elige una teoría hay que saber qué es lo que valora, lo cual supone una buena dosis de subjetividad e, incluso, admitir la posibilidad de la intervención de elementos no racionales al tomar su decisión. De la misma forma, la selección de una teoría por parte de una comunidad de científicos dependerá también de lo que éstos valoran. Para los relativistas radicales, la demarcación entre ciencia y no-ciencia es mucho menos importante y más arbitraria que para los racionalistas. Tal puede ser el caso de filósofos como Feyerabend (1975) o, más recientemente, el de Von Glasersfeld (1987, 1995), un relativista constructivista radical cuyos argumentos han sido muy criticados por Matthews (1992b, 1994b,c) y Suchting (1992), entre otros. En cambio, Kuhn (1962) señala que la existencia de un paradigma, capaz de sostener una tradición de ciencia normal durante un período de tiempo, es precisamente la característica que permite diferenciar entre lo que es ciencia y lo que todavía no lo es (que él denomina pre-ciencia).

En suma, para el relativismo la actual posición de predominio de la ciencia, la tecnología y la tecnociencia no puede entenderse solamente mediante el análisis de sus respectivas naturalezas desde un punto de vista interno, sino que requiere también la comprensión de la sociedad que les da el prestigio que han alcanzado. Consecuentemente, los relativistas concluyen que el progreso y el cambio de teorías en la ciencia no es un proceso absolutamente racional, sino que se produce dentro del juego normal de intereses, motivaciones y preocupaciones propios de cualquier actividad humana, con lo que establecen una base social (contextualismo), cuando no individual (subjetivismo), en la determinación del progreso científico. Los intereses personales, profesionales y sociales de los científicos no actúan generalmente de forma explícita, debido al sistema de recompensas de la ciencia que penalizaría fuertemente a un científico que se mantuviera en un paradigma rechazado por los demás. El modelo de intereses personales y profesionales ha sido valorado positivamente por diversos movimientos políticos y grupos sociales de presión, pero también ha recibido fuertes críticas desde otras posiciones. Esta perspectiva, que adquirió gran importancia en la sociología constructivista del conocimiento científico (constructivismo sociológico) y, en general, en las diversas posiciones englobadas en el batiburrillo de puntos de vistas postmodernos (donde la incertidumbre reina como la única certeza admisible), implica que no se reconoce el éxito en el progreso del conocimiento científico como un rasgo exclusivo de la ciencia, sino que puede ser compartido con otros tipos de conocimiento. Además, para los relativistas el progreso científico no es acumulativo, tal y como sostienen con distintos matices positivistas, realistas y pragmatistas; siempre existen pérdidas y ganancias en los cambios de paradigmas y de teorías rivales, y el desarrollo científico no es algo nítido y lineal. Así mismo, tampoco es un concepto absoluto; las teorías alternativas resuelven los problemas de diferente forma y su avance depende de la opinión de quienes evalúan esas soluciones.

Otra tesis importante del relativismo es el carácter holista del conocimiento científico. Las hipótesis nunca se contrastan individualmente, sino como partes de redes más amplias de un sistema de creencias. Por tanto, el éxito o el fracaso de este proceso debe llevar a buscar errores y aciertos en toda la red global. Además, el principio de infradeterminación otorga una cierta equivalencia a las teorías científicas rivales, aunque conviene matizar en este punto la existencia de dos posiciones diferenciadas, representantes de un relativismo fuerte (las pruebas empíricas nunca tienen suficiente fuerza para elegir entre teorías rivales) o un relativismo débil (hay ocasiones en que las pruebas empíricas existentes no permiten elegir entre teorías rivales).

En resumen, se puede considerar que el relativismo defiende tesis epistemológicas extremas, tales como la inconmensurabilidad, el holismo y la infradeterminación radical, que han actuado como importantes estímulos intelectuales en el avance de la comprensión de la naturaleza de la ciencia. Sin embargo, el relativismo radical también ha recibido críticas muy fuertes, especialmente durante la última década del siglo XX, tanto desde la filosofía (por ejemplo, Bunge, 1999; Laudan, 1990, 1996), como de la propia ciencia (por ejemplo, Sokal y Bricmont, 1998; Wolpert, 1992)<sup>18</sup>.

## Realismo

Aunque hay muchas formas de realismo, habitualmente se suele denominar así a la posición que se basa en la existencia de algún tipo de correspondencia entre las creencias sobre el mundo y éste mismo. De otra manera, los realistas típicos, cuyo representante más conspicuo es quizás Karl Popper (1972) con su racionalismo y realismo crítico, creen que las descripciones del mundo hechas por la ciencia mantienen un elevado grado de correspondencia con el propio mundo natural. Esta definición está muy próxima a otra de Putnam (1975, p. 210): "Cuando un científico con mentalidad realista [...] acepta una teoría, la acepta como verdadera (o probablemente verdadera, o aproximadamente verdadera, o probablemente aproximadamente verdadera)"<sup>19</sup>.

Así pues, los planteamientos realistas más duros parten de considerar que el objetivo de la ciencia es buscar teorías verdaderas según un criterio de racionalidad, representado por la superación de muchos intentos de falsación, es decir, de demostrar que la teoría falla. Desde este punto de vista, se hace de la verdad un objetivo de la ciencia y no un atributo de las teorías científicas, pero, desde otros puntos de vista, no es necesario identificar con el realismo la búsqueda de la verdad como finalidad de la ciencia para ser realistas. Sobre la base de este exigente criterio, el realismo tradicional adopta una posición reduccionista y cientifista en cuanto considera que la ciencia es el único camino válido para el conocimiento (criterio de demarcación entre lo que es y no es ciencia), por ser el que se enfrenta explícitamente con su falsación. Popper (1958) ataca al positivismo por el principio de inducción, demostrando sus paradojas y falta de validez para la aceptación o el rechazo de las teorías. En lo que se refiere a esto, la posición

realista de Popper se basa en los niveles de apoyo empírico de una teoría, que se consideran individualmente necesarias y, en conjunto, suficientes:

- Se rechazan las teorías que no se adaptan a los fenómenos conocidos
- Se prefieren las teorías que hacen predicciones sorprendentes.
- Se eligen las teorías que explican fenómenos de rango más amplio.
- Se opta por aquellas teorías que ofrecen una explicación única de un fenómeno.

El criterio de falsación es incompatible con el de inclusión o reducción, que considera como progreso científico la mayor generalidad de las teorías; hay teorías más generales que otras que no las contienen<sup>20</sup>. En consecuencia, los realistas popperianos aceptan con reservas también la noción del caso límite de las teorías superadas; sólo las consideran válidas para los elementos cuantitativos, ecuaciones y datos, pero no para las afirmaciones cualitativas (por ejemplo, el caso del espacio-tiempo absoluto de la física relativista).

Para los seguidores de Popper, las pruebas empíricas por sí solas no son suficientes para falsar un enunciado, puesto que están lastradas por la teoría. Sin embargo, mantienen la distinción entre teoría y práctica: existen teorías observacionales y teorías propiamente dichas; las primeras son más seguras y falsables, mientras que las segundas son más dudosas; pero, contra el positivismo, destacan la importancia de las teorías, ya que éstas pueden corregir las afirmaciones de la observación. La división de una teoría entre términos observacionales y términos puramente teóricos permite predicar de aquéllos la posibilidad de conmensurabilidad y, en consecuencia, la de falsación y emplear criterios racionales para la selección de las teorías.

La posición realista común en relación con la falibilidad del conocimiento científico se sitúa en un cierto tipo de relativismo débil, aceptando las siguientes tesis:

- Toda teoría será superada por otra, luego toda teoría se puede presumir falsa aunque no lo sepamos todavía (inducción pesimista de la historia).
- Todo protocolo observacional presupone algún subconjunto de la teoría vigente.

No obstante, los realistas consideran que la tesis de la infradeterminación no es suficiente para negar la posibilidad de una elección racional entre teorías rivales, de modo que creen que se pueden decidir las teorías verdaderas mediante algún criterio de racionalidad.

Sobre la conmensurabilidad o equivalencia empírica de las teorías, diferencian entre los casos favorables a la teoría y los de confirmación de ésta mediante el criterio de Nicod (Hempel, 1969; Laudan, 1977, p. 40 de la traducción española): una observación suministra una prueba a favor de una hipótesis cuando ésta implica un enunciado de la prueba. Si una teoría o una hipótesis hacen predicciones falsas, éstas pueden y deben rechazarse sin demora. Este método asegura el éxito y el progreso característico de la ciencia y, a la vez, permite demarcar entre ciencia y no-ciencia. El realismo de Popper admite, por tanto, la falsación de hipótesis aisladas y también que las reglas funcionan para seleccionar teorías con una razonable estabilidad y como criterio de demarcación.

En cambio, los relativistas argumentan contra esta tesis que la historia demuestra lo contrario: los paradigmas tienen una muerte súbita cuando la comunidad científica decide abandonarlo; si las tesis de Popper fueran ciertas, los paradigmas tendrían una muerte lenta a medida que se van considerando falsados. Los pragmatistas añaden que las reglas se justifican como medios para alcanzar los fines de la investigación científica y éstos determinan el método.

Las principales críticas al realismo popperiano se centran en la aceptación, ni bien explicada ni justificada, de la correspondencia entre ideas y mundo, en la distinción artificial entre lo teórico y lo observacional (dualismo muy criticado por el relativismo) y en la falta de consideración de los intereses personales y sociales imbricados en la actividad científica. Los programas de investigación de Lakatos (1978), que mantienen parte del objetivismo popperiano desde el enfoque del giro historicista, han servido para avanzar en la resolución de algunas de las objeciones más importantes al realismo de Popper, como la rigidez del falsacionismo, tendiendo puentes entre éste y el pragmatismo<sup>21</sup>.

En los últimos veinte años se viene observando un desplazamiento en el interés de los filósofos desde la cuestión de la racionalidad científica (los problemas metodológicos) al viejo problema del realismo y el debate sobre lo que es verdadero en el conocimiento científico (los problemas ontológicos y metafísicos)<sup>22</sup>. Desde el racionalismo del realismo crítico de Popper se han desarrollado diferentes perspectivas realistas de muy diversos grados; por ejemplo, la escuela finlandesa de Tuomela (1985) y Niiniluoto (1984, 1991) con el realismo científico crítico, que se sitúa en la misma línea del realismo popperiano pero mejorando significativamente sus ideas, y cuya principal tesis es considerar la ciencia como una sucesión de teorías que convergen aproximándose cada vez más hacia la verdad o, al menos, hacia la verosimilitud. Las posiciones realistas de Popper, Tuomela y Niiniluoto pueden considerarse propias de un realismo duro, porque hacen consustancial a éste el concepto de verdad como correspondencia; pero, como señala Diéguez (1998), esto no tiene por qué ser siempre así. El realismo transformativo de Hacking (1983) y el realismo constructivo de Giere (1988), entre otros muchos más, son ejemplos de perspectivas realistas que prefieren explicar la relación entre las teorías científicas y el mundo sin recurrir al concepto de verdad o falsedad como algo esencial. El realismo sobre las teorías científicas afirma que el objetivo de éstas es la verdad y que en ocasiones se aproximan a ella; pero también es importante ocuparse de las entidades y objetos mencionados en las teorías científicas, y se puede ser realista sobre entidades y objetos sin serlo necesariamente sobre las teorías. Los realistas hacen hincapié en que no todas las teorías científicas son meros instrumentos (posición típica del pragmatismo), ni todos los términos teóricos (que incluyen las entidades y objetos de una teoría) son simples heurísticos.

El tratamiento de todas estas otras formas de realismo excede con mucho las pretensiones de este artículo (para un desarrollo clarificador sobre este tema puede

consultarse Diéguez, 1998). No obstante, es interesante esbozar brevemente el realismo transformativo de Hacking, por su novedosa aportación a la faceta intervencionista de la ciencia (o, mejor aún, de la tecnociencia actual) en la transformación del mundo, y el realismo constructivo de Giere (1988), que más recientemente ha precisado en lo que denomina realismo perspectivo (Giere, 1999a), por su actual influencia en la didáctica de las ciencias (Giere, 1999b). Según Hacking, el realismo tiene más que ver con nuestras intervenciones en el mundo (la práctica científica y tecnológica y sus efectos en la transformación del mundo) que con nuestras representaciones o lo que pensamos acerca de él (el conocimiento científico sobre el mundo en sí mismo). Parafraseando a Hanson (1958), Hacking (1983) resalta que la observación y la experimentación científica están cargadas de una competente práctica previa. Como señala Echevarría (1999), para Hacking lo esencial no es la verdad científica, sino la capacidad innovadora de la ciencia (y especialmente de la tecnociencia). Las tesis de Hacking son relevantes también para la filosofía de la tecnología y, así mismo, han servido para reinterpretar algunas de las propuestas de la sociología de la ciencia hechas en la década de los años setenta.

Por otra parte, Giere pasó tres años (1983-1986) acudiendo asiduamente como investigador a las instalaciones del ciclotrón de la Universidad de Indiana, de modo similar a como hacen algunos sociólogos relativistas de la ciencia (por ejemplo, Latour y Woolgar, 1979/1986), pero sus conclusiones fueron muy diferentes a las de éstos; en vez de construcción de entidades, Giere encontró contingencia y negociación, compatibles con una posición realista (Diéguez, 1998). Para Giere, los físicos que trabajaban en los laboratorios que visitó son realistas y, a su juicio, tenían buenas razones para serlo. Giere designa su realismo como la posición por la que: "[...] Cuando una teoría científica se acepta, es porque la mayoría de sus elementos representan (en algún aspecto y en cierto grado) aspectos del mundo". (Giere, 1988, p. 7). Así mismo, en otro escrito precisa más su realismo moderado: "Como el realismo tradicional, el realismo perspectivo asume que el mundo posee una estructura global definida. Esta estructura, no obstante, es considerada demasiado compleja para ser abarcada completamente en ninguna representación que los humanos puedan crear o comprender". (Giere, 1999a, p. 9). Aclara su carácter constructivo al señalar que: "Así podemos acordar que todas las representaciones son construcciones humanas resultantes tanto de la experiencia tanto individual como social". (Giere, 1999a, p. 9) y también que: "[...] Los modelos científicos son constructos humanos, pero algunos proporcionan un mejor ajuste con el mundo que otros, y se puede saber que lo hacen". (Giere, 1992, p. 97). De esta manera, su posición además de realista es constructivista, aunque en un sentido mucho más moderado que el del constructivismo radical propio de muchos sociólogos de la ciencia postmodernos y relativistas. Además, el constructivismo cognitivo de Giere hace desaparecer la incompatibilidad entre realismo y



constructivismo porque no elimina la conexión representacional entre lo que los científicos afirman y el mundo real, como sí hace el constructivismo social radical.

### Pragmatismo

El pragmatismo se fundó en los EE.UU. por C.S. Peirce en el siglo XIX. Este filósofo reemplaza verdad por método, lo que garantiza la objetividad científica; la verdad es lo que el método científico establece, si la investigación continúa el tiempo suficiente. Peirce niega el principio de correspondencia como criterio de verdad, que es propio del realismo metafísico y del realismo científico. También afirma que algo es real cuando una comunidad de científicos acaba poniéndose de acuerdo en su existencia. Para Peirce el progreso en el conocimiento científico depende del mayor o menor grado de proximidad a los fines de la ciencia; se progresa cuando se producen teorías mejores y más fiables, criterio que implica un cierto diacronismo y una clasificación no arbitraria de los fines de la ciencia, sino empíricamente apoyada. En la época contemporánea, el realismo interno o pragmático de Putnam (1981, 1987) se alinea en parte con las tesis de Peirce al sostener que los métodos de investigación pueden evolucionar y crecer, construyéndose así nuevas formas de razonamiento. El pragmatismo fue popularizado por W. James y J. Dewey<sup>23</sup>, que lo llamó instrumentalismo; Rorty es un filósofo actual que ha desarrollado algunos de los puntos de vista de éstos pensadores norteamericanos. Para la mayoría de los filósofos actuales, un instrumentalista es un antirrealista respecto a las teorías científicas que afirma que éstas no son más que herramientas para organizar la descripción de los fenómenos y hacer inferencias; de otra forma, el componente teórico de la ciencia no describe la realidad y las teorías se consideran sólo instrumentos útiles destinados a relacionar un conjunto de observables con otros.

Las posiciones pragmatistas, funcionalistas o instrumentalistas, se caracterizan por considerar la ciencia un instrumento cuyo objetivo es producir teorías capaces de superar contrastes empíricos más exigentes, lo que las hace más fiables. Las mejores teorías son las que han superado pruebas más fuertes y son útiles como guías fiables para conseguir los objetivos de la ciencia. La ciencia es un conocimiento sobre el mundo de naturaleza funcional, cuyo rechazo o sostenimiento viene determinado por la fecundidad en su descripción. El pragmatismo distingue los objetos reales del mundo y los teóricos (idealizaciones) de la ciencia, que describen a los otros. Así mismo, desplaza el acento negativo del realismo de Popper en la falsación de teorías hacia las contrastaciones superadas; si una teoría falla al resolver determinados problemas no es razón suficiente para descartarla. Las tradiciones de investigación de Laudan (1977) en su primera etapa pueden considerarse encuadradas en esta línea y, en ciertos aspectos, también el evolucionismo de Toulmin (1972), cuya posición general respecto a las teorías científicas era en sus comienzos claramente instrumentalista (Toulmin, 1953). Respecto a los criterios de demarcación del conocimiento, el pragmatismo admite que la

ciencia no es el único camino válido para el conocimiento, alineándose en parte con las tesis relativistas frente a las posiciones científicas del positivismo y realismo. En ciertos aspectos el pragmatismo puede considerarse una posición intermedia entre el realismo y el relativismo radical, como queda patente en sus puntos de vista sobre el progreso científico y la dinámica de aceptación y rechazo de las teorías científicas.

El instrumentalismo también admite la existencia de progreso en las teorías científicas, pero éste no es el concepto acumulativo y lineal de los positivistas, sino que resulta no lineal, relativo y con pérdidas, porque los fines de la ciencia propuestos desde el instrumentalismo también son cambiantes y relativos. Una teoría es mejor si supera contrastaciones más exigentes que sus rivales no han pasado, las cuales tampoco superan las pruebas donde pudiera haber fallado la primera. Ahora bien, la selección de una teoría no es definitiva, tan sólo significa que ha superado contrastaciones más importantes que sus competidoras en un momento histórico. El pragmatismo hila fino en lo que deben considerarse verdaderos contrastes de una teoría respecto al problema de las hipótesis ad hoc, creadas para salvar una anomalía o prueba en contra, y las hipótesis protectoras que salvaguardan de la falsación al núcleo de una teoría, asunto que ya estaba presente en los planteamientos de los neopopperianos. Así, no se consideran auténticas pruebas de contraste de una teoría las de aquellas leyes creadas para su logro. También incluyen dentro del programa de contraste la confrontación con otros dominios de conocimiento aparentemente alejados o inconexos, es decir, la coherencia con teorías contrastadas en otros ámbitos. Un ejemplo muy claro es el de la física de partículas y las teorías cosmológicas sobre el universo, dos campos desconectados hace unos lustros que hoy en día se aportan mutuamente pruebas contundentes sobre sus respectivas teorías. Las hipótesis auxiliares que se descartan en una teoría podrían entonces ser importantes para otras áreas de investigación.

Aunque el pragmatismo no propone que la ciencia pueda validar conocimiento manifiestamente erróneo, sí sugiere que hasta el programa más fantasioso podría ser fecundo, gracias a la creatividad concertada de un equipo. También la sociología de la ciencia ha sostenido la capacidad potencial de una comunidad científica para la concertación, hasta el extremo de poder sostener teorías o ajustarlas a las evidencias empíricas anómalas (Barnes, 1982), o mantener la estabilidad de un sistema de creencias como una prerrogativa de sus usuarios (Bloor, 1971/1991).

En otro orden, el pragmatismo coincide con el realismo en que las teorías pueden ser equivalentes empíricamente, esto es, pueden compartir una misma base de pruebas empíricas. Esta tesis implica la negación del principio relativista de infradeterminación, admitiendo la posibilidad de contrastar hipótesis aisladas. Frente al punto de vista de Kuhn, se sostiene que los cambios no son siempre revolucionarios, sino más bien se dan de forma evolutiva, gradual y continua (Toulmin, 1972), como, por ejemplo, en la transición entre el cartesianismo y el paradigma newtoniano. Desde el pragmatismo se critica el análisis kuhniano de las revoluciones por centrarse demasiado en los grandes

cambios y no dar cumplida cuenta de las múltiples modificaciones graduales en las que no están implicados los componentes nucleares de un paradigma. Cabe señalar, así mismo, que el instrumentalismo conlleva normalmente una cierta idea de verdad o verosimilitud, pero mucho más restringida que la asociada habitualmente a las posiciones realistas popperianas. Según éstas, las descripciones del mundo observable pueden ser verdaderas o falsas dependiendo de que lo describan correctamente o no. Sin embargo, para un instrumentalista los constructos teóricos no se juzgan con criterios de verdad o falsedad, sino más bien por su utilidad como instrumentos, ya que están destinados a proporcionarnos un control del mundo observable.

Por último, el instrumentalismo admite el concepto de paradigma científico, pero difiere de manera radical del relativismo en cuanto que no considera las reglas metodológicas como simples convenciones, sino en el mismo nivel que las teorías científicas. Las pruebas empíricas son pertinentes para ambas: las teorías se aceptan cuando funcionan y las reglas si muestran su capacidad para seleccionar las teorías más fiables. Las reglas de la ciencia se evalúan cuestionando si funcionan, esto es, si conducen a predicciones efectivas del mundo natural y a intervenciones eficaces en él. Tales reglas afirman una manera de narrar diversas historias evolutivas posibles, reflejan una serie de valores para promover los objetivos de la ciencia, buscar explicaciones fiables, aplicables, racionales y anticipatorias de experiencias futuras. En suma, las reglas sobre el método aportan también un hecho sustantivo al conocimiento; la investigación funciona mejor con unas reglas que con otras. En consecuencia, el conocimiento tiene un componente valorativo y de decisión racional muy claro para el pragmatismo, a diferencia de la ausencia de racionalidad y valoración propugnadas desde el relativismo más radical.

Un punto débil del pragmatismo, que le ha supuesto una importante fuente de críticas, es la diferenciación que hace entre entidades teóricas y observacionales. En efecto, adopta una actitud inductivista que le lleva a afirmar solamente aquello que provenga con seguridad de una observación fiable, pero esta posición se ve socavada porque todos los enunciados observacionales dependen de las teorías y, por tanto, son falibles. Así pues, el punto de vista instrumentalista radical descansa en una distinción falaz. Al comparar el instrumentalismo con el realismo, Chalmers (1982) subraya que el carácter más prudente y precavido del primero le hace menos productivo para el desarrollo científico que la posición realista, la cual es más audaz y especulativa al estar dispuesta a conjeturar que las entidades de las teorías científicas pueden corresponder a lo que realmente existe en el mundo.

## Notas

1 Ésta es una versión corregida de la publicada originalmente en Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo (2001), revisada con la inclusión de numerosas notas que añaden también nuevas referencias bibliográficas. Agradecemos a Don Ramón Queraltó, editor de la revista *Argumentos de Razón Técnica* (Universidad de Sevilla, España), la autorización concedida para publicar esta versión electrónica del artículo en la Sala de Lecturas CTS+I de la OEI.

2 Véanse, entre otros, AAAS (1989, 1993), Bybee (1997), Matthews (1998), McComas (1998), NRC (1996), Reid y Hodson (1989). Para ello, se ha dado un argumento democrático, como es que una mayor comprensión de la naturaleza de la ciencia permite tomar decisiones más razonadas sobre cuestiones tecnocientíficas de interés social, lo que sin duda favorecerá el incremento de la participación ciudadana en estos asuntos (Driver, Leach, Millar y Scott, 1996). No obstante, es necesario advertir que trabajos recientes de Bell y Lederman (2000, 2003) ponen en duda que la comprensión de la naturaleza de la ciencia sea un factor decisivo a la hora de tomar este tipo de decisiones.

3 Véase también Acevedo y Acevedo (2002).

4 La revista *Science & Education* publica artículos sobre este tema con cierta frecuencia. Véanse en particular los números monográficos 6(4), editado por M.R. Matthews en 1997, y 7(6), editado por N.G. Lederman, W.F. McComas y M.R. Matthews en 1998.

5 La tradición positivista tiene sus antecedentes remotos en el empirismo baconiano y, sobre todo, es heredera del empirismo de David Hume.

6 Para ello acabó adoptándose la reducción de todos los enunciados al lenguaje fisicalista, que es estrictamente empirista y observacional.

7 Desde otra perspectiva, Sanmartín (1987, 1990) ha desarrollado un modelo materialista para mostrar cómo influye la tecnología en la interpretación del mundo natural a través de la ciencia; este modelo también implica aumento de generalidad mediante la inclusión de teorías. Las más elementales, que están en la base del edificio científico, tratan de dilucidar las causas del éxito o el fracaso de ciertas técnicas precientíficas y permiten sustituir una técnica preteórica por una técnica teorizada, o una técnica teorizada por otra más elaborada. Hay otras teorías, procedentes de la reflexión sobre determinadas tecnologías, que tratan de explicar por analogía cuestiones de otros ámbitos de conocimiento; en este proceso se producen cambios en el significado de los conceptos clave de una teoría al extenderlos más allá del contexto para el que fueron construidos, lo cual también contribuye al aumento de generalidad y a la unificación teórica. Por último, hay paradigmas con enunciados de gran generalidad elaborados como programas metafísicos de investigación para configurar una

cosmovisión que predominará durante un amplio período de tiempo. Como el contenido de un paradigma viene suministrado por las teorías anteriores, éstas quedan incluidas en él.

8 La epistemología del positivismo lógico sólo se ocupa del contexto de justificación. Sin duda, no es lo mismo cómo se llega a un resultado científico que cómo se expone y justifica públicamente. En sus investigaciones, los científicos están guiados por hipótesis metafísicas, creencias religiosas y culturales, convicciones e intereses personales, profesionales, económicos, etc. (Echeverría, 1999, p. 33). Sin embargo, para los seguidores de las ideas de Reichenbach, éstas son cuestiones que interesan a los historiadores, sociólogos o psicólogos de la ciencia, pero no incumben a los epistemólogos de la ciencia. A la filosofía de la ciencia solamente le debe interesar el conocimiento científico en sí mismo, su estructura lógica y metodológica interna, y no cómo se ha logrado este conocimiento ni cómo se difunde externamente. Durante muchos años la exclusión del contexto de descubrimiento en los análisis filosóficos de la ciencia y en las reflexiones epistemológicas fue admitida por la mayoría de los filósofos de la ciencia.

9 En general, la tesis de las teorías límites se considera demasiado fuerte, de modo que se suele proponer como condición necesaria para el progreso de la ciencia que la teoría mejor incluya los aspectos positivos de la rival; es decir, que tenga mayor generalidad. Así, la nueva teoría mantiene todas leyes no desacreditadas de la anterior, suprime las leyes refutadas de ésta e introduce otras leyes nuevas que describen correctamente fenómenos no explicados por la precedente.

10 El neopositivismo distingue entre teorías observacionales y teorías objetivo, describiendo las refutaciones empíricas como desacuerdos entre ambas. Las primeras se consideran más sólidas que las segundas, de manera que, ante una refutación, se tiende a revisar la teoría y a mantener las observaciones.

11 La Concepción Heredada fracasó en buena parte en sus pretensiones porque aunque la ciencia sea una empresa racional, resulta difícilmente codificable. Hacking (1983) ha descrito esta situación con claridad meridiana: "Durante mucho tiempo los filósofos hicieron de la ciencia una momia. Cuando finalmente desarrollaron el cadáver y vieron los restos de un proceso histórico de devenir y descubrimiento, crearon para sí la crisis de la racionalidad. Esto sucedió alrededor de 1960." (Hacking, 1983, p. 19 de la traducción castellana, 1996).

12 Sokal y Bricmont (1998) definen, grosso modo, el relativismo como toda posición filosófica que defiende que la veracidad o la falsedad de una afirmación es siempre relativa a un individuo o a un grupo social. El relativismo será epistémico cuando se trata de una afirmación sobre aquello que se supone que existe.

13 El propio Kuhn ha sido considerado por algunos autores como un relativista, aunque él lo rechazara y reaccionara contra esta catalogación en las réplicas a sus críticos. Entre otros, Chalmers (1982) y Laudan (1996) han razonado por qué creen que Kuhn no

puede librarse del todo de la etiqueta relativista; pero, aunque la cuestión ha sido ampliamente debatida, lo cierto es que todavía está poco clara (Pérez-Ransanz 1999). Sin embargo, no puede olvidarse que algunos de los enfoques relativistas más radicales, sobre todo aquellos que provienen de la sociología del conocimiento, han utilizado las tesis centrales de Kuhn como aval y punto de partida de sus posiciones.

14 Como es conocido, la influencia de Kuhn entre los historiadores y sociólogos de la ciencia ha sido enorme.

15 Algunos autores hablan irónicamente de dadaísmo metodológico.

16 Para un racionalista radical, la lógica es el único criterio universal y ahistórico para juzgar los méritos relativos de las teorías rivales; un criterio que es compartido por falsacionistas, positivistas e inductivistas.

17 Aunque la inconmensurabilidad entre dos teorías científicas rivales solamente elimina la posibilidad de compararlas usando criterios lógicos y no necesariamente de otro tipo - por ejemplo, se podrían comparar en función de su coherencia interna o de su fiabilidad-, para Feyerabend esto siempre conduce a un aspecto de la ciencia necesariamente subjetivo.

18 La crítica de Sokal y Bricmont es demoledora y, aunque Kuhn y Feyerabend tampoco se libran de ella, se dirige sobre todo a las extrapolaciones abusivas cometidas por sus sucesores y a todos aquellos autores postmodernos (muchos de ellos sociólogos de la ciencia, como Barnes, Bloor, Latour, Ross, Woolgar, etc.) que coquetean con alguna forma extrema del relativismo epistemológico o invocan argumentos que lo fomentan.

19 Un antirrealista como Van Fraassen (1980) lo expresa de una manera más drástica. Para este filósofo, el realismo defiende que: "La ciencia tiene por objetivo darnos, en sus teorías, un relato literalmente verdadero de cómo es el mundo; y la aceptación de una teoría científica conlleva la creencia de que ella es verdadera" (Van Fraassen, 1980, p. 24 de la traducción en español, 1996).

20 Generalidad e implicación no son términos sinónimos y su identificación lleva a paradojas. En efecto, si una teoría es más general e incluye a otra, significa que también implica sus predicciones incorrectas, lo que supone que la nueva teoría más general también está falsada y, evidentemente, esto no puede considerarse ningún progreso.

21 Una cita muy repetida sugiere que la dirección de la ciencia viene determinada sobre todo por la imaginación creativa del ser humano y no tanto por los hechos que le circundan, hasta el punto que incluso el programa más absurdo podría encontrar evidencias que lo corroboren, si se reúnen los estímulos y recursos suficientes para ello (Lakatos y Musgrave, 1970, pp. 297-298 de la traducción española, 1974).

22 Como señala Pérez-Ransanz: "En una panorámica del campo de la filosofía de la ciencia se puede apreciar que la polémica sobre la racionalidad científica - desencadenada por las propuestas historicistas en los años setenta- ha ido perdiendo virulencia en los últimos años, y en cambio, paralelamente, ha ido cobrando fuerza otra

gran polémica, aquella que versa sobre el viejo problema del realismo. En efecto, una de las tendencias que se observan en el análisis filosófico de la ciencia desde los años ochenta en adelante es un creciente y renovado interés por los problemas ontológicos y metafísicos, o dicho de manera simple, por la relación entre la ciencia y la realidad." (Pérez-Ransanz, 1999, p. 208).

23 Estos pensadores se muestran indiferentes al punto de vista de Peirce sobre la investigación científica; se interesan menos por las creencias que se establecen a largo plazo y mucho más por las que se tienen asumidas en un momento dado o se adquieren a corto plazo.

24 Véase al respecto Désautels y Larochelle (2003).

25 Para ello, primero hay que ponerse de acuerdo sobre qué contenidos básicos deben enseñarse acerca de la naturaleza de la ciencia. Puesto que muchas de las discrepancias sobre ésta se refieren a cuestiones demasiado abstractas como para tener alguna repercusión en la vida cotidiana de los estudiantes (Abd-El-Khalick y Boujaoude, 1997), suelen proponerse objetivos relativamente modestos para la enseñanza de las ciencias (Matthews, 1998). Esto es lo que se ha hecho en los Benchmarks (AAAS, 1993) del Project 2061 (AAAS, 1989) y en los National Science Education Standards (NRC, 1996, 2000), los cuales son los documentos que están guiando la reforma de la enseñanza de las ciencias en los EE.UU. desde la década de los noventa del pasado siglo XX (Felske, Chiappetta y Kemper, 2001); una decisión que, sin embargo, no está exenta de críticas (Good y Shymansky, 2001).

26 Pueden consultarse algunas creencias del alumnado sobre la naturaleza de la ciencia en Acevedo (2001), Manassero y Vázquez (1999) y Vázquez y Manassero (1999).

27 Véanse al respecto trabajos recientes en los que se comparan las creencias sobre la naturaleza de la ciencia, junto a las de otras dimensiones CTS, de alumnos y profesores (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002b), profesores de primaria, secundaria y universidad (Acevedo, Vázquez, Acevedo y Manassero, 2002) y profesores en ejercicio y en formación inicial (Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2002).

28 Esta falta de atención en la formación universitaria de los estudios de ciencias puede originar en muchos casos el posterior desinterés y rechazo de los contenidos relacionados con esta temática, tal y como ha informado De Pro (1995) en un estudio hecho con profesores tutores de prácticas del CAP de la Universidad de Murcia.

29 En este sentido, aunque han sido matizados por Acevedo (2000, en su versión electrónica actualizada de 2003), tienen gran importancia los resultados aportados por Tsai (2002), los cuales muestran una importante relación entre las creencias del profesorado respecto a la enseñanza, el aprendizaje y la naturaleza de la ciencia.

30 Sin embargo, a menudo se asume esto de manera acrítica en la didáctica de las ciencias. De la misma forma y ligado a lo anterior, sin pruebas concluyentes (Acevedo, 2000; Acevedo y Acevedo, 2002; Lederman, 1992, 1999; Lederman, McComas y Matthews, 1998; Tsai, 2002) e incluso contrarias (Mellado, 1996, 1997, 1998), también

se suele afirmar que las creencias del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia se relacionan directamente con la práctica docente.

31 Sobre esta importante cuestión, véanse por ejemplo Abd-El-Khalick y Lederman (2000), Abd-El-Khalick, Bell y Lederman (1998), Lederman (1992, 1999), Lederman y Zeidler (1987), Schwartz y Lederman (2002).

32 Respecto a las visiones deformadas de la naturaleza de la ciencia que se transmiten en la enseñanza de las ciencias, véase también Fernández et al. (2002).

33 En los últimos años, los métodos para enseñar algunos aspectos básicos de la naturaleza de la ciencia se están mostrando eficaces cuando abordan de manera explícita y reflexiva -esto es, cuando se hace con una buena planificación, desarrollando los contenidos en actividades variadas y evaluando los procesos llevados a cabo y los resultados conseguidos- (Akerson, Abd-El-Khalick y Lederman, 2000). Se han mostrado resultados positivos usando actividades basadas en la investigación científica (Schwartz et al., 2002), en la filosofía de la ciencia (Abd-El-Khalick, 2002), contextualizadas (Matkins, Bell, Irving y McNall, 2002) con un enfoque CTS del tipo IOS -Issue-Oriented-Science- (Acevedo y Acevedo, 2002; Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002a; Spector, Strong y Laporta, 1998) y que conecten con el mundo real y cotidiano de los estudiantes (Khishfe y Abd-El-Khalick, 2002). Esta línea de trabajo ha puesto también en cuestión la creencia de que una enseñanza fundamentalmente implícita, basada sobre todo en los procedimientos de la ciencia y otras fuentes indirectas, permite alcanzar una buena comprensión de la naturaleza de la ciencia (Bell, Lederman y Abd-El-Khalick, 1998).

34 Esta exclusión no se refiere solamente a la utilización de la tecnología en la educación científica (por ejemplo, en los últimos tiempos se le está prestando más atención en la enseñanza de las ciencias al empleo de ordenadores y sus amplias posibilidades de uso en red, como Internet), lo cual es un aspecto interesante pero muy limitado del tema planteado. Introducir la educación tecnológica en la enseñanza de las ciencias no es lo mismo que usar la tecnología en la educación científica y, sin duda, va mucho más allá de esta opción (Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2003).

35 Sobre esta cuestión véanse también los artículos de Acevedo (1996b), Cajas (1999), De Vries (1996), González-García, López-Cerezo y Luján (1996), Maiztegui et al. (2002), Martín-Gordillo y González-Galbarte (2002).

36 La Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias (REEC) editará próximamente un número monográfico sobre las relaciones entre ciencia y tecnología en la enseñanza de las ciencias (Acevedo y Vázquez, 2003). En uno de sus artículos se hace un estudio a fondo de la variedad de significados que suele darse a la tecnología y a sus relaciones con la ciencia, así como sus repercusiones en las creencias del profesorado y el alumnado (Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2003). Otros trabajos que se han ocupado recientemente de algunos aspectos de esta cuestión son los de Maiztegui et al. (2002) y Valdés, Valdés, Guisasola y Santos (2002).



37 Estos graves inconvenientes epistemológicos en la enseñanza de las ciencias no se evitan simplemente con la presencia curricular del área de Tecnología en la Educación Secundaria Obligatoria. Con relación a este asunto, Hallak y Poisson (2000) se han preguntado sobre las posibles ventajas e inconvenientes de integrar la ciencia y la tecnología en la educación obligatoria; una cuestión que aún está abierta a la discusión.

38 Desde la perspectiva de una educación para la ciudadanía y con posiciones radicalmente CTS, estas cuestiones se tratan, por ejemplo, en Désautels y Larochelle (2003) y Martín-Gordillo (2003).

39 Con variantes más o menos sofisticadas, los modelos de enseñanza de las ciencias basados en "el alumno como científico" tienen algunas virtudes, pero también el defecto general de prestar poca atención a otros aspectos fundamentales del aprendizaje, lo que a menudo da lugar a que estas propuestas sugerentes de enseñanza no funcionen del todo en la práctica como se pretende. En esta línea crítica, véase el estudio realizado por Marín (2002).

40 Osborne (2000) ha criticado el mito de la ciencia descontextualizada como una práctica común e inadecuada de la enseñanza de las ciencias: "El profesorado de ciencias insiste en presentar una visión idealizada de la ciencia como saber objetivo, descontextualizado y exento de valores cuando, en realidad, la ciencia está arraigada en la sociedad, tiene un lenguaje y utiliza metáforas cuyo origen está en las raíces culturales y las vidas de los científicos responsables de producir nuevos conocimientos. La separación entre ciencia y tecnología ha contribuido a reforzar esta tendencia; esto es, a eliminar cualquier consideración de los impactos de la ciencia y la tecnología en la sociedad. No obstante, hay bastantes pruebas de la mejor actitud hacia la ciencia que generan ciertos proyectos educativos amparados por las orientaciones del movimiento CTS." (Selección traducida y adaptada del original).

41 La tendencia a suprimir el contexto de la ciencia en la enseñanza habitual de las ciencias es tan acusada que, como ha denunciado Bybee (1997), la implantación de los NSE Standards (NRC, 1996) se ha hecho en muchos lugares de los EE.UU. omitiendo todo lo relacionado con la historia de la ciencia y el tratamiento de la tecnología en el ámbito de la ciencia; una decisión que desvirtúa algunos de los buenos propósitos iniciales de este importante proyecto y le hace perder gran parte de su valor.

42 Véanse al respecto, entre otros, los trabajos de Acevedo, Vázquez y Manassero (2002a) y Martín-Gordillo, Osorio y López-Cerezo (2001).

43 Por ejemplo, véanse los trabajos de Di Trocchio (1993, 1997).

44 Con relación al papel de la educación CTS para conseguir una alfabetización científica y tecnológica más relevante para todas las personas pueden consultarse los estudios de Acevedo, Manassero y Vázquez (2002) y Acevedo, Vázquez y Manassero (2003).