

*Joan Josep Solaz-Portolés **
*Vicent Sanjosé ***
*Carlos B. Gómez ****

SOBRE EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO Y SUS ELEMENTOS

ON SCIENTIFIC KNOWLEDGE AND ITS ELEMENTS

Resumen

En este trabajo se examinan los instrumentos de la ciencia para permitir vislumbrar cómo se produce su desarrollo. En concreto, se analizan teorías, conceptos, modelos, principios y leyes científicas desde bases epistemológicas que se fundamentan en la historia de la ciencia. Se concluye que las construcciones teóricas de los científicos, que siempre son provisionales, les permiten aproximarse al mundo real y avanzar en sus programas de investigación.

Palabras clave: Ciencia, teoría, modelo, ley, principio, epistemología

Abstract

Science tools are here examined in order to allow the making out of the way its development takes place. Specifically, scientific theories, concepts, models, principles and laws are analyzed from epistemological basis supported on Science history. The conclusion is that scientific's theoretical constructs, always being provisional, allow them to approach to real world and go ahead whithin their research programs.

Palabras clave: Science, theory, model, law, principle, epistemology

JEL: Z00

* Doctor en Ciencias Químicas y Profesor Asociado en el Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials de la Universitat de València. Joan.Solaz@uv.es

** Doctor en Ciencias Físicas y Profesor Titular en el Institut Universitari Polibienestar y en el Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials de la Universitat de València. Vicente.Sanjose@uv.es

***Máster en Didáctica de las Ciencias Experimentales y Doctorando en el Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials de la Universitat de València.

Está ampliamente difundida una visión deformada de la ciencia que suele ser, entre otras cosas, dogmática, poco creativa, individualista, algorítmica y socialmente descontextualizada (Campanario, Moya y Otero, 2001). Muchas de estas mismas características erróneas de la ciencia las podemos encontrar incluso en los libros de texto de ciencias, como también es posible constatar la ausencia de pasajes en donde se analice la función de leyes, teorías y modelos en los procesos de indagación científica (Solaz–Portolés, 2010). En estas condiciones se hace difícil imaginar que la ciudadanía alcance el grado de alfabetización científica deseable en una sociedad verdaderamente democrática.

Llama particularmente la atención el artículo de Treagust, Chittlenorrough y Mamiala (2002) en el que se concluye que los estudiantes de secundaria piensan mayoritariamente que los modelos que elaboran los científicos son una copia exacta de la realidad. No debe resultar descabellado pensar que la imagen más socialmente aceptada de la ciencia comporte que sus conocimientos sean capaces de penetrar en el interior de la realidad física del mundo y que, bajo este supuesto, dichos conocimientos nos ofrezcan un mundo real visible y palpable. Esta imagen forma parte de la denominada concepción *realista* de la ciencia (Chalmers, 1989), según la cual la ciencia aspira a dar descripciones verdaderas de lo que realmente es el mundo, esto es, proporciona teorías verdaderas que representan correctamente la realidad física.

Sin embargo, algunos pensadores como Russell (1976) ya criticaban duramente esta concepción realista de la ciencia. Para Russell, los datos experimentales sólo reflejan muy limitadamente la realidad y la ciencia no investiga propiamente el mundo físico real. Por el contrario, la ciencia construye un mundo teórico, funcional, que aplica al mundo físico real. Con ello, al autor pone de manifiesto que la ciencia no suministra una descripción de la realidad, sino imágenes simbólicas de la realidad que se derivan de sus presupuestos teóricos.

El objetivo de este trabajo es examinar los elementos que utiliza el conocimiento científico en su desarrollo. Es nuestra pretensión realizar un análisis de carácter reflexivo, crítico, sobre la forma en que la ciencia elabora los conocimientos; es decir, sobre los conceptos, su metodología, sus teorías, sus leyes, sus principios y sus hipótesis. Se trata, pues, de un estudio epistemológico que se fundamentará en la mayoría de las ocasiones en la propia evolución histórica de la ciencia. De este modo, esperamos contribuir de manera modesta a dar una imagen más adecuada y humana del conocimiento científico, con sus correspondientes limitaciones en el acceso a la complejidad de lo real.

Teorías

De acuerdo con Brown (1988) el conocimiento científico se compone de varios elementos: las teorías, con su cuerpo de leyes que guían la investigación; las constantes fundamentales; y las observaciones relevantes a la luz de dichas teorías. Las teorías científicas tratan de dar una imagen de la realidad y de establecer relaciones con las impresiones provenientes de nuestros sentidos. Así, según Einstein e Infeld (1993) mediante las construcciones teóricas se intenta asir la realidad. Por otra parte, las teorías pueden también considerarse como un punto de partida lógico del cual es posible deducir las leyes experimentales (Renoirte, 1968).

En opinión de Estany (2001) las teorías científicas son los constructos mediante los cuales la ciencia intenta representar el conocimiento científico. Para esta autora hay tres concepciones

principales de las teorías: la sintáctica, la estructural y la semántica. La concepción sintáctica toma como modelo las matemáticas y la lógica, considerando una teoría científica como un sistema formal que difiere de las matemáticas en que los conceptos no lógicos de la teoría científica provienen de una interpretación empírica. Según esta concepción, el significado de los conceptos siempre viene definido a partir de conceptos observacionales. La concepción estructural también considera a las teorías científicas como sistemas formales, aunque se diferencia de la anterior en que las estructuras formales no tienen por qué ser de la lógica matemática. Para la denominada concepción semántica, las teorías científicas están formadas por el conjunto de modelos y las hipótesis que relacionan los modelos con la realidad física. Para esta concepción, las hipótesis son entidades lingüísticas y, como tales, pueden ser verdaderas o falsas, en cambio los modelos no, a ellos sólo podemos asociarles un grado de similitud con los sistemas reales.

Las teorías son los instrumentos que utiliza la ciencia para avanzar y tienen una doble vertiente: una explicativa y otra práctica. Tienen un carácter práctico porque han sido pensadas para dar razón de los hechos físicos. Sin embargo, jamás los hechos físicos se conocen sino con un cierto grado de aproximación que depende del estado de la técnica experimental. Puede ocurrir que como consecuencia de nuevos hechos, revelados por una técnica experimental más refinada, se tengan que efectuar correcciones de las teorías o incluso plantear nuevas teorías. En ocasiones, las nuevas teorías no provienen de evidencias experimentales. En la teoría de la relatividad de Einstein hallamos un buen ejemplo: el impulso inicial de su teoría arranca en problemas teóricos planteados por la electrodinámica (Brown, 1988). Por todo ello, las teorías son perecederas y tienen una vida limitada. Ejemplos de teorías que han sido substituidas por otras nuevas son la teoría del flogisto, la teoría del éter, o la teoría del calórico (Ghirardi, 1979).

En la historia de la ciencia aparecen casos en donde los científicos en vez de partir de datos procedentes de la observación y usarlos para confirmar o rechazar leyes propuestas o teorías, utilizan una teoría aceptada por la comunidad científica que guía su investigación y determina la manera de cómo tratar los fenómenos observados. La teoría determina el significado de los sucesos observados proporcionando al científico razones para comprender qué observaciones son relevantes para su investigación y qué otras plantean problemas. En este contexto, ciertos descubrimientos observacionales, que pudieron ser contraejemplos, se convirtieron en problemas de investigación a resolver mediante la aplicación o el desarrollo de la teoría. Este tipo de investigación científica la denominó Kuhn (1987a) ciencia normal, para distinguirla de aquella otra que busca reemplazar una teoría aceptada por otra, a la que llamó ciencia revolucionaria.

Un análisis más profundo de los propósitos de las teorías nos permite decir que normalmente desempeñan tres funciones (Holton y Brush, 1989):

- 1- Relacionar hechos independientes en un esquema mental lógico y fácilmente asequible
- 2- Sugerir nuevas relaciones que promuevan la imaginación hacia caminos que liguen hechos antiguos y nuevos
- 3- Predecir nuevos fenómenos observables y solucionar problemas de carácter práctico.

Por otro lado, Kuhn (1987b) establece las características de una buena teoría científica:

- Debe ser precisa: sus consecuencias deducibles deben estar de acuerdo con los resultados de experimentos y observaciones
- Debe ser coherente: tanto internamente, como con otras teorías ya aceptadas
- Debe ser amplia: sus consecuencias se han de extender más allá de observaciones o leyes particulares para las que en principio se destinó
- Debe ser simple: ordenar ideas que aisladas se mostrarían confusas
- Debe ser fecunda: generar nuevos resultados de investigación

Los científicos que investigan dentro del marco de una teoría aceptada deben aprender cómo funciona dicha teoría, esto es, tienen que conocer el conjunto de proposiciones paradigmáticas de dicha teoría y saber aplicarla a problemas concretos. Los científicos combinan la información que les ofrece el mundo externo y las teorías que asumen. Tengamos siempre presente que científicos diferentes pueden ver cosas diferentes aunque sea la misma cosa la que observen. Esto es lo que le pasó a Kepler y a Tycho Brahe en sus observaciones sobre el Sistema Solar: Kepler *veía* al Sol como un cuerpo fijo y la Tierra que se movía a su alrededor; Brahe, en cambio, *veía* justamente lo contrario. No es sino una consecuencia de que la observación depende del conocimiento, experiencia y creencias; a saber, está cargada de teoría (Hanson, 1985). En condiciones normales, el investigador no es un innovador sino un solucionador de acertijos, y los acertijos sobre los que se concentra son precisamente aquellos que piensa que pueden plantearse y resolverse en el seno de la teoría científica que prevalece en su momento (Kuhn, 1987b).

No obstante, el investigador también puede descubrir anomalías y poner en tela de juicio teorías aceptadas. Actúan dos factores: por un lado, las teorías proporcionan una descripción de lo que se tiene que ver, a saber, permiten descubrir las anomalías; por otro lado, no es sólo la teoría la que determina el suceso, sino la teoría en conjunción con la realidad. Cuando no encajan la teoría y la estructura real del suceso aparecen las anomalías, que pueden ser interpretadas mediante la teoría aceptada, o bien convertirse en anomalías que lleven al derrocamiento de la teoría y a su sustitución por otra, es decir, a una revolución científica (Kuhn, 1987a).

Hemos de destacar que las nuevas teorías son un continuo con las antiguas, porque aquéllas crecen con los fracasos de éstas para resolver sus propios problemas y dar cuenta de los fenómenos que selecciona como relevantes. Además, las nuevas teorías toman posesión de las observaciones, técnicas y principios de las teorías antiguas cambiándoles su significado (Brown, 1988). Las nuevas teorías son aplicables al mundo físico en un grado que excede en muchos aspectos al de las teorías antiguas. La finalidad de la ciencia es establecer los límites de aplicabilidad de las teorías y desarrollarlas de tal modo que permitan la máxima aproximación posible a la realidad. Este punto de vista se denomina *realismo no representativo* (Chalmers, 1989). Esta concepción asume que el mundo físico es independiente de nuestros conocimientos y las teorías hacen algo más que establecer relaciones entre enunciados observacionales. Interpreta que las teorías no describen entidades del mundo en la forma en que lo hace el lenguaje cotidiano. Por ello, no se pueden juzgar las teorías como descriptoras del mundo, ya que no tenemos acceso a la realidad independientemente de nuestras teorías de una manera que nos posibilite evaluar la precisión de las descripciones.

Finalmente pondremos de relieve que la ciencia no es fruto de individuos particulares sino de comunidades científicas y que, consecuentemente, las teorías son, en realidad, productos sociales

sujetos a cambios (Barnes, 1987). Además, como apunta Chalmers (1992) sucede con cierta frecuencia que teorías científicas tienen su origen en el mundo social ajeno a la ciencia en sentido estricto. Este mismo autor nos proporciona un ejemplo extraído de las ciencias físicas. Se trata de la teoría cinética de los gases introducida por Maxwell en el siglo XIX. Este científico basó sus análisis de los movimientos aleatorios de las moléculas gaseosas en las técnicas estadísticas utilizadas por los teóricos sociales para explicar las regularidades en los índices de natalidad o de criminalidad.

Modelos

Cuando los científicos desean apresar la realidad comienzan por idealizarla y elaborar un objeto modelo o modelo conceptual del sistema o fenómeno objeto de estudio. A continuación, dicho objeto modelo se inscribe dentro de un determinado esquema teórico: se convierte en un modelo teórico (Bunge, 1981). Hemos de tener en cuenta que todo modelo teórico no capta más que una parte de las particularidades del sistema o fenómeno representado, y que si no concuerda con los datos experimentales, tendrán que modificarse las ideas teóricas que lo sustentan. Así pues, un modelo teórico no es más que una herramienta falible que utilizan los científicos, cuya aceptación depende exclusivamente de su éxito empírico y que actúa como mediador entre la teoría y la realidad (Rivadulla, 2006).

Una de las virtualidades de los modelos es que se pueden describir con la ayuda de esquemas, diagramas e incluso, en ocasiones, con la ayuda de un análogo material. De este modo, nos permiten acercarnos a sistemas inaccesibles para nuestros sentidos, como por ejemplo electrones o galaxias (Del Re, 2000). No obstante, hemos de señalar que aunque esquemas, diagramas y análogos materiales pueden resultar de gran utilidad para entender ideas difíciles o para generar nuevas ideas, éstos no reemplazan al objeto modelo o modelo conceptual. Esto es, no pueden representar a los sistemas reales de una manera tan precisa y completa como los hace un conjunto de proposiciones de un modelo teórico y, además, no forman parte de las teorías (Bunge, 1981).

Finalmente, ¿qué funciones cumplen los modelos en el avance de la ciencia?. En opinión de Gilbert y Osborne (1980), esencialmente dos:

- Simplificar sistemas y fenómenos para concentrar la atención sobre las cuestiones más relevantes
- Estimular las investigaciones mediante una *visualización* de los sistemas y fenómenos

Por otra parte, estos autores ponen de relevancia la posición de los modelos como intermediarios entre la teoría y la realidad en el razonamiento científico. Según Lakatos (1989) el científico se concentra en la construcción de modelos dentro de su programa de investigación y, en ocasiones, se sustituyen los modelos no por desacuerdo con las observaciones experimentales, sino por dificultades teóricas para desarrollar su programa de investigación. Así, por ejemplo, Newton elaboró un modelo para el Sistema Solar con el Sol y un planeta como puntos fijos, y de él derivó su ley del inverso del cuadrado de la distancia. Sin embargo, este modelo contradecía su tercera ley de la dinámica, y lo acabó substituyendo por otro en donde Sol y planeta giraban

alrededor de su centro de gravedad común. Como vemos, el cambio de modelo se debió a una dificultad teórica para desarrollar su programa de investigación.

Principios, postulados y axiomas

De acuerdo con Ferrater (1988) un principio es un “punto de partida”, que en el caso de la ciencia puede considerarse en última instancia como un axioma. Kant consideraba los axiomas como juicios sintéticos *a priori*, esto es, verdades universales que no necesitan explicación (García Morente, 1975). En ciencias físicas, un axioma es una afirmación fáctica que no requiere evidencia experimental (Monserrat, 1980). Por otra parte, de acuerdo con Bunge (1988) no hay diferencias entre axiomas y postulados, que los define como supuestos (proposiciones) no demostrados cuya introducción está justificada en la medida que sirven para demostrar otros enunciados (de la teoría) que han de quedar convalidados de un modo u otro por la experiencia. No es de extrañar que De Broglie (1951) sostenga el éxito de los postulados en cualquier teoría física legitima su empleo. Como consecuencia de todo lo dicho anteriormente los términos principio, axioma y postulado pueden ser considerados como sinónimos.

Los tres principios de la mecánica formulados por Newton a fines del siglo XVII nos proporcionan un magnífico ejemplo de uso de estas formulaciones en el desarrollo de la ciencia. Resulta ocioso entrar en detalles sobre la importancia que tuvieron dichos principios para el crecimiento de la Física. Sin embargo, en el momento de ser enunciados sólo podía ser investigado directamente, por medio de experimentos con péndulos, el tercer principio o principio de acción-reacción. Un siglo después pudo llevarse a cabo una demostración directa e inequívoca del segundo principio (proporcionalidad entre la fuerza aplicada y la aceleración adquirida), y todavía hoy el primer principio no puede contrastarse directamente con los resultados de laboratorio (Kuhn, 1987b). Afortunadamente, a partir de dichos principios fue posible hacer otras clases de predicciones que pudieron ser comprobadas cuantitativamente.

Holton y Brush (1989) afirman que frecuentemente dentro del ámbito de las ciencias físicas se utilizan los vocablos principio y postulado para afirmaciones de generalidad fidedigna de carácter cualitativo (por ejemplo, el principio de superposición o los postulados de la teoría atómica de Dalton). Se reserva la palabra ley para los enunciados cuya descripción incluye relaciones matemáticas, aunque en ocasiones también podemos encontrar postulados de formulación matemática (verbigracia, los postulados de la mecánica cuántica). Por esta razón, en ocasiones se habla de las leyes de Newton de la mecánica en lugar de los principios de Newton.

Conceptos

Según Bunge (1985a) los conceptos son las unidades con que se construyen las proposiciones, esto es, el concepto es la unidad del pensamiento o átomos del pensamiento. Los conceptos son, consecuentemente, los eslabones con que se construye la cadena del lenguaje científico. En las ciencias físicas el lenguaje científico se solapa con el lenguaje matemático y, además, se utiliza el lenguaje natural con todas sus ventajas e inconvenientes (Estany, 2001). Muchos conceptos fundamentales de las ciencias físicas constituyen un híbrido de conceptos matemáticos y

observacionales, y también nos podemos encontrar con conceptos inobservables como “energía” o “big bang” (Dalla y Toraldo, 2001).

Los conceptos que más han contribuido al crecimiento de las ciencias físicas se caracterizan por (Holton y Brush, 1989):

1. Tener un significado claro y sin ambigüedad
2. Ser cuantitativos, esto es, pueden asociarse a números y medidas (a los conceptos cuantitativos se les conoce normalmente con magnitudes físicas)
3. Tener utilidad general: aparecen en gran cantidad de descripciones y leyes en áreas alejadas incluso de su inicial formulación

Seguidamente expondremos una metáfora, la *metáfora de la trama*, que ayuda a comprender qué son los conceptos y qué papel desempeñan en las teorías (Brown, 1988). Un concepto científico es un nudo de una trama cuyos hilos son las proposiciones que forman la teoría. Su significado, por tanto, está íntimamente ligado por los hilos que confluyen al nudo y a los nudos a los que está ligado. A medida que se desarrolla una teoría, se conoce más acerca de los hilos que forman la trama y, por ende, se comprenden mejor los conceptos implicados. Los conceptos, las proposiciones y las observaciones son los elementos a partir de los cuales se construyen las teorías científicas.

Se ha de advertir que, utilizando la *metáfora de la trama*, en el transcurso de una revolución científica los conceptos se transforman. Se eliminan hilos, otros se reorientan, y se introducen nuevos. El concepto puede conservar parte de sus características, porque se mantienen ciertos hilos, pero acaba modificando su significado (Brown, 1988). Pero en un cambio de teoría no sólo se cambia el significado de los conceptos, también cambian las observaciones empíricas asociadas. La razón hay que buscarla en que ambos, conceptos y datos observacionales, derivan su significado de su localización en la trama teórica.

Hipótesis

Cuando los científicos se plantean y examinan concienzudamente un problema se vuelcan hacia la búsqueda de su solución mediante la proyección sobre el problema de todas las ideas que surgen de sus conocimientos teóricos y, normalmente, acaban formulando una o varias conjeturas para ser contrastadas. A dichas conjeturas se les llama hipótesis de trabajo. Las hipótesis de trabajo permiten a los científicos diseñar y llevar a cabo experimentos bien definidos y con las variables controladas. Sin embargo, las hipótesis científicas merecen que se las someta a la contrastación con la experiencia sólo si existe alguna razón (fundamentada, obviamente) para sospechar que pueden superarla; esto es, tienen que ser conjeturas razonables cuya formulación no comporte vaguedad, compatibles con el cuerpo de conocimientos teóricos, y no simples ocurrencias arbitrarias (Bunge 1985b)

Tanto las hipótesis como las teorías constan de proposiciones que tratan de explicar sucesos naturales. Las hipótesis son el primer intento explicativo. De hecho, las hipótesis son enunciados susceptibles de ser sometidos a contrastación experimental (Estany, 2001). La experimentación

involucra la modificación deliberada de algunos factores, esto es, el sometimiento del objeto de experimentación a modificaciones controladas. Hemos de advertir, no obstante, que la constratación experimental no comporta necesariamente la realización, *stricto sensu*, de experimentos. Bunge (1988) nos brinda un magnífico ejemplo: el descubrimiento de Neptuno por Adams y Le Verrier. Estos científicos se plantearon el problema de explicar las irregularidades en el movimiento de los planetas exteriores a la Tierra. Tales irregularidades se generaban por las diferencias entre las órbitas calculadas y las observadas. Había pues discrepancias entre datos empíricos y datos calculados teóricamente, y formularon la hipótesis de la existencia de un planeta que perturbaba el movimiento de los demás. Tal hipótesis fue corroborada mediante la observación del cielo: predijeron dónde y cuándo se podría ver.

No se debe confundir las hipótesis con los datos empíricos, que son proposiciones empíricas particulares: las hipótesis son proposiciones que tienen un contenido más rico que los datos. De hecho, como apunta Bunge (1985b) el centro de la actividad cognitiva de los seres humanos son las hipótesis y los datos se acumulan para utilizarlos a favor o en contra de las hipótesis (incluso la recolección de datos presupone la existencia de una hipótesis). Hemos siempre de tener que en el caso de los científicos sus investigaciones siempre se desarrollan dentro de un sistema de presuposiciones (paradigma vigente) y, en consecuencia, tanto los problemas que se abordan como los datos experimentales que se obtienen están cargados de teoría.

Como casos anecdóticos señalaremos que puede ocurrir que una determinada comunidad científica sostenga una determinada hipótesis y no tener base suficiente para aceptarla o rechazarla, como es el caso de intentar reducir todas las partículas subatómicas a quarks; o bien que dos grupos científicos acepten hipótesis diferentes, caso de las hipótesis geocéntrica y heliocéntrica durante el siglo XVII (Brown, 1988).

Leyes

Una ley física es una relación matemática entre conceptos cuantitativos, también llamados magnitudes. Se trata de una construcción basada en la experiencia que, a pesar ser fruto de múltiples y rigurosos experimentos, tiene un carácter provisional y limitado (Ghirardi, 1979). Además, desde el punto de vista ontológico, las leyes no intentan explicar las causas de los fenómenos. Podríamos decir que las leyes no son la expresión de la causa eficiente de los fenómenos. Téngase presente que la causa eficiente de un cambio es la que hace que se produzca dicho cambio (Renoirte, 1968)

Hemos de advertir que no se puede identificar explicación teórica con extracción de leyes empíricas a partir de postulados teóricos mediante reglas lógicas, matemáticas y de correspondencia (Sellars, 1971). Es decir, las teorías no explican las leyes empíricas, simplemente nos dicen por qué las cosas observables obedecen dichas leyes. Así, por ejemplo, la teoría cinética de gases no nos explica la ley empírica de Boyle-Mariotte (relación entre la presión y el volumen de una cantidad de gas mantenida a temperatura constante). Dicha teoría explica por qué las moléculas gaseosas en las condiciones experimentales dadas se comportan de una determinada manera.

A continuación, vamos a ilustrar con un ejemplo extraído de la historia de la ciencia los vínculos entre ley, conceptos, hipótesis y teoría. Es el caso del conocido principio de Arquímedes

(siglo III antes de Cristo), una de las primeras leyes científicas (Bunge, 1985b). El problema que se le planteó a Arquímedes fue el de explicar el porqué de la flotación de los cuerpos. Se disponía en aquellos tiempos de cierto bagaje de conocimientos obtenidos empíricamente, como que los cuerpos sumergidos en líquidos pesan menos o que la flotación depende de qué líquido se utilice. Arquímedes seleccionó los conceptos implicados en la flotación y ello probablemente fue el resultado (no está documentado) de varias hipótesis y las correspondientes comprobaciones experimentales. Los conceptos (magnitudes) finalmente seleccionados fueron el peso del cuerpo fuera del agua (P), el peso del cuerpo dentro del agua (P_a) y el peso del agua desplazada por el cuerpo sumergido (E , que es el que provoca la flotación como resultado de la fuerza hacia arriba – empuje- consecuencia de presión ejercida por el agua –presión hidrostática- sobre el cuerpo sumergido). Su hipótesis final fue que $P - P_a = E$, que superó la contrastación experimental en diversas circunstancias y, por tanto, se convirtió en ley. Tras la elaboración de la teoría mecánica de Newton, el principio o ley de Arquímedes se derivó fácilmente de los presupuestos de dicha teoría. El valor de una teoría, no obstante, radica no sólo en su habilidad para deducir leyes sino también en su capacidad para predecir nuevas leyes o explicar fenómenos todavía no descubiertos (Rohrlich, 1994).

Por último, comentaremos las críticas que alguna ocasión se han llevado a cabo sobre las leyes físicas, en el sentido de que *mienten* sobre la realidad. Dichas críticas se fundamentaban en la imprecisión que caracteriza toda medida física. Hay que tener presente la noción de verdad aproximada, que implica siempre una cierta distancia respecto de la verdad absoluta. Verdades absolutas hacen referencia a modelos perfectos y a objetos y/o sistemas metafísicos (no reales, por tanto). Nada de esto tiene sentido en el caso de las ciencias físicas donde se trata con objetos y sistemas reales, y donde las magnitudes están condicionadas por la precisión de los aparatos de medida. En realidad, las imprecisiones que caracterizan todas las medidas físicas no representan límites epistémicos; antes bien al contrario, corresponden a propiedades intrínsecas del mundo físico (Dalla y Torradlo, 2001).

A modo de conclusión

Los científicos emplean las teorías como instrumentos para representar el cuerpo de conocimientos existentes en un determinado momento. En su afán de interpretar el mundo físico que les rodea y, dentro de sus programas de investigación, hacen uso de modelos, intermediarios entre la teoría y la realidad, que les permiten acercarse allá donde no alcanzan sus sentidos, pero no olvidemos que la realidad es independiente de sus teorías. Es necesario recalcar que todos estos procesos se llevan a cabo dentro del contexto cultural, social, económico y filosófico dominante que les puede influir de una manera determinante.

Las teorías científicas deben obtener el beneplácito de la comunidad científica para ser definitivamente aceptadas. Modelos, conceptos, principios, hipótesis, leyes, observaciones y experimentos constituyen los pilares sobre los que se sustentan las teorías. Las leyes y las teorías, como las hipótesis, se ven sometidas al juicio y a las pruebas de la comunidad científica y, si aparecen anomalías, se procede a la revisión y/o sustitución de las mismas. En definitiva, el científico acepta que sólo se puede aproximar a la realidad mediante sus construcciones teóricas, modelos teóricos, que le sirven de ayuda para llevar adelante su programa de investigación determinando dónde y cómo deben centrar su atención. Pero siempre ha de tener presente que

dichas construcciones teóricas no describen la realidad como lo hace nuestro lenguaje cotidiano y, en consecuencia, no pueden ser juzgadas del mismo modo.

Por otra parte, en opinión de Martín-Díaz (2002) para una adecuada formación científica uno de los requisitos necesarios es ofrecer a los estudiantes una apropiada concepción de la ciencia. Para la autora, se tendría que incidir especialmente en los siguientes aspectos de la construcción del conocimiento científico: intenta representar la realidad, es una práctica social no ajena a otras actividades sociales, y se ha de cuestionar su objetividad y neutralidad. En esta misma línea, Alan Leshner, Director de la AAAS (*American Association for Advancement of Science*), afirma en una entrevista que en la educación secundaria comprender la naturaleza de la ciencia es incluso más importante que dominar sus detalles (Perkins-Gough, 2007). También la OCDE reconoce la importancia de comprender los procesos de la ciencia que generan conocimiento (OECD, 2006).

Bibliografía

- Barnes, B.(1987). *Sobre ciencia*, Barcelona: Labor.
- Brown, H. (1988), *La nueva filosofía de la ciencia*, Madrid: Tecnos.
- Bunge, M. (1981), *Teoría y realidad*, Barcelona: Ariel.
- Bunge, M. (1985a). *Epistemología*. Barcelona: Ariel.
- Bunge, M.. (1985b). *La investigación científica*. Barcelona: Ariel.
- Bunge, M. (1988). *La ciencia. Su método y filosofía*. Buenos Aires: Ediciones Siglo Veinte.
- Campanario, J. M., Moya, A. y Otero, J. C. (2001). Invocaciones y usos inadecuados de la ciencia en la publicidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), 45-56.
- Chalmers, A. (1989). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?*, Madrid: Siglo XXI.
- Chalmers, A. (1992). *La ciencia y cómo se elabora*, Madrid: Siglo XXI
- Dalla, M. L. y Toraldo, G. (2001). *Confinés :Introducción a la filosofía de la ciencia*. Barcelona: Editorial Crítica.
- De Broglie, D. (1951). *Física y microfísica*, Buenos Aires : Espasa-Calpe.
- Del Re, G. (2000). Models and analogies in science. *International Journal of Philosophy of Chemistry*, 6(1), 5-15.
- Einstein, A. y Infeld, L. (1993). *La evolución de la física*, Barcelona: Salvat.
- Estany, A. (2001), *La fascinación por el saber. Introducción a la teoría del conocimiento*, Barcelona: Crítica.
- Ferrater, J. (1988). *Diccionario de Filosofía*, Madrid: Alianza Editorial.
- García Morente, M. (1975). *La filosofía de Kant*, Madrid: Espasa-Calpe.
- Ghirardi, O. (1979). *Hermenéutica del saber*, Madrid: Gredos.
- Gilbert, J. y Osborne, R. (1980). The use of models in science and science teaching. *International Journal of Science Education*, 2(1), 3-13
- Hanson, N. (1985). *Patrones de descubrimiento. Observación y explicación*. Madrid: Alianza.
- Holton, G. y Brush, S. G. (1989). *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*. Barcelona: Editorial Reverté.
- Kuhn, T. (1987a). *La estructura de las revoluciones científicas*, Madrid: FCE.
- Kuhn, T. (1987b). *La tensión esencial. Estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ámbito de la ciencia*, México D.F.: FCE.
- Lakatos, I. (1989). *La metodología de los programas de investigación científica*, Madrid: Alianza Editorial.
- Martín-Díaz , M. J. (2002). Enseñanza de las Ciencias, ¿para qué? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* (en línea), 1 (2). Disponible en: www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen1/Numero2/Art1.pdf [consulta 2010, 15 de Marzo].
- Monserrat, S.(1980). *Psicología y física*. Barcelona: Herder.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2006). *Assessing Scientific, Reading and Mathematics Literacy: A Framework for PISA 2006*. Disponible en: www.oecd.org [consulta 2010, 28 de Febrero].

- Perkins-Gough, D. (2007). Understanding the scientific enterprise: a conversation with Alan Leshner. *Educational Leadership*, 64(4), 8-15.
- Rivadulla, A. (2006). Metáforas y modelos en ciencia y filosofía. *Revista de Filosofía*, 31(2), 189-202.
- Rohlrirch, F. (2004). *De la paradoxa a la realitat. Els nostres conceptes bàsics del món físic*. Barcelona: Enciclopedia Catalana.
- Russell, B. (1976). *Análisis de la materia*, Madrid: Taurus.
- Sellars, W. (1971). *Ciencia, percepción y realidad*, Madrid: Tecnos.
- Solaz-Portolés, J. J. (2010). La naturaleza de la ciencia y los libros de texto de ciencias. Una revisión. *Educación XXI*, 13(1), 65-80
- Treagust, D., Chittleborough, G. y T. L. Mamiela T. L. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24 (4), 357-368.



Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0

You are free:

to Share — to copy, distribute and transmit the work

Under the following conditions:

Attribution — You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor¹ (but not in any way that suggests that they endorse you or your use of the work).

Noncommercial — You may not use this work for commercial purposes.

No Derivative Works — You may not alter, transform, or build upon this work.

With the understanding that:

Waiver — Any of the above conditions can be **waived** if you get permission from the copyright holder.

Public Domain — Where the work or any of its elements is in the **public domain** under applicable law, that status is in no way affected by the license.

Other Rights — In no way are any of the following rights affected by the license:

- Your fair dealing or **fair use** rights, or other applicable copyright exceptions and limitations;
- The author's **moral** rights;
- Rights other persons may have either in the work itself or in how the work is used, such as **publicity** or privacy rights.

Notice — For any reuse or distribution, you must make clear to others the license terms of this work. The best way to do this is with a link to this web page.²

Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0

Usted es libre de:

copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:

Reconocimiento — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciador³ (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o apoyan el uso que hace de su obra).

No comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Sin obras derivadas — No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

Entendiendo que:

Renuncia — Algunas de estas condiciones puede **no aplicarse** si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor

Dominio Público — Cuando la obra o alguno de sus elementos se halle en el **dominio público** según la ley vigente aplicable, esta situación no quedará afectada por la licencia.

Otros derechos — Los derechos siguientes no quedan afectados por la licencia de ninguna manera:

- Los derechos derivados de **usos legítimos** u otras limitaciones reconocidas por ley no se ven afectados por lo anterior.
- Los derechos **morales** del autor;
- Derechos que pueden ostentar otras personas sobre la propia obra o su uso, como por ejemplo **derechos de imagen** o de privacidad.

Aviso — Al reutilizar o distribuir la obra, tiene que dejar bien claro los términos de la licencia de esta obra.

1 It shall clearly include author(s) name(s) and the text, if applicable, “Article originally published in *Entelequia. Revista Interdisciplinar*. Available at <<http://www.eumed.net/entelequia>>”.

2 <<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>>

3 Debe incluir claramente el nombre de su autor o autores y, si es aplicable, el texto “Artículo originalmente publicado en *Entelequia. Revista Interdisciplinar*. Accesible en <<http://www.eumed.net/entelequia>>”.