

La Epistemología en la Formación del Profesorado de Ciencias Naturales: Aportaciones del Positivismo Lógico

Agustín Adúriz-Bravo¹, Isabel Salazar², Nubia Mena² y Edelmira Badillo³

¹Grupo de Epistemología, Historia y Didáctica de las Ciencias Naturales, Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. CEFIEC, Planta Baja, Pabellón 2, Ciudad Universitaria. Avenida Intendente Güiraldes 2160, (C1428EGA) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

aadurizbravo@cefiec.fcen.uba.ar

²Secretaría de Educación del Departamento de Antioquia, Medellín, Colombia

³Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, España

Resumen

La imagen de ciencia “empiropositivista” ingenua es a menudo señalada por la didáctica de las ciencias actual como un obstáculo para una educación científica de calidad. Sin embargo, la escuela epistemológica conocida como positivismo lógico, de la primera mitad del siglo XX, proveyó algunas conceptualizaciones rigurosas acerca de la naturaleza de la ciencia que pueden ser todavía valiosas para los profesores y profesoras de ciencias naturales. En este trabajo revisamos algunas de las ideas fundamentales de esa escuela a la luz de sus posibles aportaciones a la formación inicial y continuada del profesorado de ciencias. Usamos siete campos conceptuales para estructurar el análisis de esas ideas y planteamos los criterios por los cuales las consideramos de interés.

Palabras clave: ciencias naturales, formación del profesorado, epistemología, aportaciones, positivismo lógico.

The Philosophy of Science in Science Teacher Education: Contributions of Logical Positivism

Abstract

The naïf “empirical-positivistic” image of science is often pinpointed by current science education as an obstacle for a science education of quality. Nevertheless, the school of the philosophy of science known as logical positivism, of the first half of the 20th century, provided some sharp conceptualisations on the nature of science that can still be valuable for science teachers. In this paper, we review some of the fundamental ideas of this school in the light of its possible contributions to pre- and in-service science teacher education. We use seven conceptual fields to structure the analysis of those ideas and we state the criteria by which we consider them of interest.

Key words: science, teacher education, philosophy of science, contributions, logical positivism.

Introducción

La epistemología, o filosofía de la ciencia, es una *metaciencia*, es decir, una disciplina científica *de segundo orden* que tiene como objeto de estudio a las propias ciencias (Klimovsky, 1994; Samaja, 1999). En este sentido, se constituye en una reflexión teórica *sobre* el conocimiento y la actividad científicas desde una perspectiva más bien *internalista* y *lógico-lingüística*, centrada en el estudio de los procesos, condiciones y resultados de la innovación, la justificación, la sistematización, la aplicación, la evaluación y la comunicación en ciencias.

Para muchos autores de la didáctica de las ciencias naturales actual, la reflexión epistemológica es una componente indispensable en la formación de los científicos y científicas *y de los profesores y profesoras de ciencias naturales*;

también se está reconociendo crecientemente su valor en la alfabetización científica de los niños y niñas, adolescentes y jóvenes en el contexto de la educación formal, desde un campo de investigación e innovación emergente y muy activo, conocido internacionalmente como *naturaleza de la ciencia* (Matthews, 1994; Jiménez Aleixandre, 1996; Duschl, 1997; McComas, 1998; Flick y Lederman, 2004; Adúriz-Bravo, 2005b).

Ahora bien, la epistemología como disciplina académica *profesionalizada* tiene una historia que se remonta a no más de un siglo atrás. Aunque ya desde los tiempos de Aristóteles (en el siglo IV a.C.) distintos pensadores y científicos han reflexionado sobre la ciencia, su naturaleza y sus “modos” de producción, estas reflexiones sólo cobraron entidad reconocible e independiente, y se formalizaron e institucionalizaron, en los primeros años del siglo XX, con el advenimiento del paradigma llamado *positivismo lógico* (Ayer, 1981; Chalmers, 1982; Rosenberg, 2000).

A nuestro juicio, la historia disciplinar de esta epistemología del siglo XX podría ser entendida a grandes rasgos como una sucesión de intentos por refinar o rebatir los modelos originales que el positivismo lógico propuso para el escenario de problemas que él mismo diseñó con un alto nivel de rigor, completitud y estructuración. En esta historia, podemos distinguir tres grandes épocas (Adúriz-Bravo, 1999, 2001; Adúriz-Bravo et al., 2002):

1. *El positivismo lógico y sus derivaciones de corte neoanalítico*. Estas posiciones se gestan en el seno del llamado *Círculo de Viena* en las décadas del 1920 y 1930. El Círculo impacta posteriormente en la filosofía de la ciencia anglosajona, dando lugar a lo que se conoce como *concepción heredada* (en inglés, “received view”), que consiste en una reelaboración, expansión y corrección de aquellas ideas iniciales. Entre los principales representantes de este largo trayecto de producción teórica podemos mencionar a Rudolf Carnap (1891-1970), Hans Reichenbach (1891-1953), Ernest Nagel (1901-1985) y Carl Hempel (1905-1997).

2. *La nueva filosofía de la ciencia*. El inicio de esta corriente epistemológica está dado por la aparición, en 1962, de la obra central de Thomas Kuhn (1922-1996), *La estructura de las revoluciones científicas*. Este libro constituye el golpe final a la concepción heredada y marca la “irrupción” de la historia de la ciencia como escenario de validación empírica de los modelos epistemológicos (Estany, 1990).

3. *Las corriente actuales*. Después de una etapa de fuerte escepticismo postmoderno –de cariz *antirrealista* y *antirracionalista*– durante la década de 1970, la epistemología asiste a una proliferación de escuelas en competencia conceptual (Rosenberg, 2000; Suppe, 2000). Buena parte de estas escuelas marcan un retorno al realismo y al racionalismo que anteriormente habían sido blanco de agudas críticas, aunque esta vez en versiones “moderadas”, de gran refinamiento y complejidad.

En nuestro trabajo de formación inicial y continuada del profesorado de ciencias naturales manejamos la idea de que los diferentes postulados teóricos de estas tres épocas se pueden comprender y enseñar estructurándolos en siete grandes campos conceptuales, o *campos teóricos estructurantes* (Adúriz-Bravo, 2001, 2005a; Adúriz-Bravo et al., 2002), que atienden a:

1. La forma en que el conocimiento científico representa la realidad que viene a describir y a explicar (*correspondencia*), y el grado de validez de las proposiciones que enuncia sobre ella (*racionalidad*).
2. Los sistemas simbólicos en los que el conocimiento científico se expresa y mediante los cuales relaciona aseveraciones con evidencias (*representación y lenguajes*).
3. Los abordajes, procedimientos, estrategias, herramientas y técnicas utilizadas por la ciencia para construir y validar conocimiento (*metodología*), y el uso de ese conocimiento para la transformación activa –cognitiva, discursiva y material– del mundo (*intervención*).
4. El rol que juegan los valores y la influencia que ejercen los contextos en la construcción y en el uso del conocimiento científico (*imbricación y axiología*).

5. La forma en que el conocimiento científico cambia a lo largo del tiempo (*evolución*), y las decisiones individuales y colectivas implicadas en esos cambios (*juicio*).
6. Los parecidos y diferencias entre la ciencia y otras formas “disciplinadas” y no disciplinares de dar sentido al mundo (*demarcación*), y la división del saber humano en áreas reconocibles con “personalidad” propia (*estructura*).
7. El estatus del conocimiento metacientífico en relación con la ciencia bajo su estudio (*normatividad*), y la capacidad del pensamiento y del discurso de volverse sobre sí mismos generando conceptualizaciones de orden superior (*recursión*).

En este trabajo aplicaremos brevemente estas siete categorías a la descripción del positivismo lógico, justificando nuestro interés por esta corriente epistemológica para la formación inicial y la cualificación continuada del profesorado de ciencias naturales. Haremos una caracterización de esta corriente que intente mostrar que se trata de un conjunto de modelos útiles para *entender* y *mejorar* algunas ideas acerca de la ciencia muy difundidas socialmente y sostenidas por una buena cantidad de personas dentro de los diversos grupos de actores del sistema educativo: estudiantes, profesorado, directivos, especialistas en educación, técnicos y decisores, público general...

Importancia de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias naturales

La investigación sobre la educación científica y sobre la enseñanza de las ciencias naturales ha conocido en los últimos treinta años un incremento espectacular, dando lugar a la aparición, en muchos países, de unas nuevas disciplinas científicas, las *didácticas específicas* (Adúriz-Bravo, 1999, 2001). Estas disciplinas han encontrado campo de aplicación en dos ámbitos centrales para la mejora de la calidad de la educación científica para todos y todas: el *diseño curricular* y la *formación docente*.

En este último ámbito, que es el que nos convoca en el presente trabajo, ha habido importantes desarrollos teóricos y numerosas propuestas de aplicación para llevar la epistemología al currículo de formación inicial y a las propuestas y ofertas de capacitación en servicio de los educadores en ciencias (maestros, profesores, divulgadores...).

Diversos autores han reconocido la importancia del metaconocimiento *sobre el propio contenido a enseñar* a la hora de mejorar las prácticas del profesorado de ciencias naturales (Driver et al., 1996; Duschl, 1997; Mellado, 1997; Acevedo, 2000). Una buena parte de esa componente *metateórica* reguladora es aportada por la epistemología y por la historia de la ciencia. En particular, la primera de estas disciplinas establece una suerte de “vigilancia” en el proceso de transposición didáctica desde los modelos científicos eruditos a los escolares.

En la tarea de enseñar ciencias, los contenidos epistemológicos pueden fundamentar y dar estructura a las imágenes de ciencia que se consideran actualmente contenidos valiosos para la educación del “ciudadano científicamente alfabetizado”. En este sentido, se quiere que los estudiantes, a partir de una educación científica de calidad, construyan un cuadro de la ciencia contemporánea que incluya ideas acerca de: su provisionalidad, su carácter social y comunitario, la justificación de sus éxitos intelectuales y materiales, las estrategias comunicativas de las que se vale, las relaciones que ella mantiene con la cultura y la religión, los peligros que entrañan sus tecnologías cuando se aplican inadecuadamente, la existencia –durante su evolución histórica– de conductas reñidas con los valores epistémicos clásicos, entre otras muchas cuestiones.

Por otra parte, el uso *instrumental* de este metaconocimiento en la práctica profesional del profesorado de ciencias naturales es capaz de aumentar la significatividad del aprendizaje de los contenidos científicos en los estudiantes. En

este sentido, existen actualmente gran cantidad de propuestas prácticas que se valen de contenidos epistemológicos e históricos en el currículo de ciencias y en la planeación diaria del profesor, con resultados muy prometedores. Un ejemplo clásico de esta estrategia didáctica es el uso en el aula de debates científicos famosos que se dieron en la historia con el fin de promover en los estudiantes cambios conceptuales, procedimentales y actitudinales (Nussbaum, 1989; Gil-Pérez, 1993).

Otra contribución de la epistemología, no menos relevante, es la de poner a disposición de la clase de ciencias un utillaje formal para *razonar* y *argumentar* con solvencia sobre distintos asuntos, ya sea estrictamente científicos o de carácter sociocientífico más amplio. En este sentido, las ideas y modelos metateóricos permiten desarrollar las llamadas *habilidades cognitivolingüísticas* (Sanmartí, 2003) con el fin de explicar y tomar decisiones.

Ahora bien, la incorporación de la epistemología y de la historia de la ciencia en la labor de los profesores y profesoras de ciencias naturales exige de ellos unos saberes teóricos y prácticos que no siempre han estado presentes en su formación inicial. Diversos trabajos (por ejemplo: Gallagher, 1991; Koulaidis y Ogborn, 1995; Lederman, 1999) han mostrado que los aspirantes a profesores y profesoras mantienen, en su gran mayoría, ideas sobre la ciencia que están muy cercanas a las del positivismo “tradicional” de fines del siglo XIX, heredero de Comte, bastante lejos aún de la potencia formal y del rigor conceptual de los modelos del Círculo de Viena. En este sentido, la nueva filosofía de la ciencia y los desarrollos recientes y actuales han tenido un impacto muy menor en la formación y en la práctica del profesorado de ciencias, si exceptuamos algunas nociones elementales del *falsacionismo* popperiano y del *revolucionismo* kuhniano.

Basados en este tipo de diagnósticos, coincidimos entonces con Alan Chalmers (1982: 12) cuando afirma que el positivismo lógico constituye una primera

formalización de la imagen popular de la ciencia, muy difundida en los ámbitos no especializados. Por ello, esta escuela epistemológica resulta adecuada para *representar teóricamente* el conocimiento de los profesores y profesoras acerca de la ciencia, a la vez que proporciona una base formal y rigurosa para iniciar desde allí la *formación epistemológica* del profesorado de ciencias naturales. De ahí nuestro interés por caracterizar detalladamente el positivismo lógico en el marco de la profesionalización docente.

El positivismo lógico y sus aportes a la formación del profesorado de ciencias

Caracterización del positivismo lógico a partir de los siete campos conceptuales propuestos

Con el nombre de “positivismo lógico” (o a veces “empirismo lógico”) se designan las ideas propagadas por el Círculo de Viena y sus sucesores inmediatos, de matriz neopositivista y neoanalítica, entre 1920 y 1960. El citado Chalmers (1982) caracteriza al positivismo lógico como

“... una forma extrema de empirismo según la cual no sólo las teorías se justifican en la medida en que se pueden verificar apelando a los hechos conocidos mediante la observación, sino que además se considera que sólo tienen *significado* en tanto se puedan derivar de este modo.” (pág. 7, subrayado en el original)

Esta cita pone en un lugar central el basamento empírico (principalmente experimental) que esta escuela epistemológica supone para la ciencia, a la vez que habla de las teorías como las *unidades de análisis* preferidas a la hora de entender y de formalizar las distintas disciplinas científicas, entendiendo que esas teorías se obtienen por derivación “verificacionista”. Estos dos elementos

característicos –la base empírica positiva y el análisis estructural y proposicional de las teorías– justifican el nombre compuesto de “positivismo lógico”, que evoca un intento de síntesis entre el empirismo y el racionalismo dieciochescos.

Haremos ahora un apretado análisis de los fundamentos del positivismo lógico tomando nuestras siete categorías de análisis presentadas más arriba; este análisis nos servirá cuando señalemos elementos de interés para la formación del profesorado. Para complementar nuestra presentación, recomendamos reconstrucciones críticas clásicas, tales como las de Wartofsky (1968) y el propio Chalmers (1982), o introducciones actuales a la epistemología (por ejemplo: Flichman et al., 1999).

En cuanto a la relación entre realidad y conocimiento científico, los positivistas lógicos sostienen:

1. Una versión restricta del realismo representativo, que lo entiende como una correspondencia casi *icónica* (pictórica) de las ideas científicas con el mundo de los hechos. En este sentido, los positivistas lógicos creen que las teorías científicas *describen* realmente cómo es la estructura profunda del mundo.
2. Empirismo a ultranza. La base empírica constituye el fundamento de la ciencia “verdadera”, que está construida a partir de la observación y la experimentación. Los hechos hablan por sí solos y proporcionan validez unívoca a las teorías.
3. Una distinción tajante entre el lenguaje teórico y el observacional en la construcción de las teorías científicas. Para cualquier término del lenguaje científico, es posible saber con certeza si pertenece al mundo empírico o se trata de una construcción teórica auxiliar, “instrumental”.
4. Criterios universales para juzgar el valor de verdad de una teoría. Estos criterios son racionales, de carácter lógico y fuertemente *ahistóricos*, como corresponde desde un modelo de racionalidad categórica. No dependen de factores sociales ni personales.

La concepción lingüística que subyace al positivismo adheriría a los siguientes postulados:

1. Representación por medio de teorías. Las teorías, de naturaleza lingüística, son las unidades para construir y reconstruir el conocimiento científico. Las teorías son entendidas en forma estrecha y cerrada, *axiomatizada*, como en las ramas más avanzadas de la física.
2. A la hora de modelizar la explicación, se apela a un razonamiento científico que se apoya en principios “legaliformes” y usa la lógica deductiva; en las explicaciones “sólidas” se distinguen *modos*, *condiciones de adecuación* y “normas básicas de objetividad” (Hempel, 2005, caps. X y XII). Esta imagen de explicación se inscribe en una *concepción sintáctica* de la ciencia, ocupada más de las formas que de los sentidos (semántica), los usos (pragmática) o el convencimiento (retórica).
3. Un lenguaje unificador para todas las ciencias, unívoco, exacto, neutro y formalizado. El fin el último es ser “objetivo”.
4. Separación tajante entre el *contexto de justificación* y el *contexto de descubrimiento*. El primero se define en los términos lógico-lingüísticos ya expuestos; el segundo, concernido con la creación de teorías, es considerado un objeto de estudio para los psicólogos y sociólogos de la ciencia.

En el aspecto metodológico, el positivismo se identifica con:

1. Una intervención del científico sobre el mundo de carácter netamente experimental y controlador. El modelo epistemológico que se promueve es el de la física “galileana” y “baconiana”.
2. Una metodología científica inductiva. La *inducción* (generalización o “ascenso”) es utilizada para generar conocimiento válido y fiable, en forma de leyes y teorías.
3. Un método científico único, cerrado y algorítmico. Se lo entiende como un conjunto de pasos a seguir que garantizan la creación de conocimiento válido, a modo de las *reglas cartesianas*: “reglas ciertas y fáciles, mediante las cuales el que las observe exactamente no tomará nunca nada falso por verdadero, y, no

empleando inútilmente ningún esfuerzo de la mente, sino aumentando siempre gradualmente su ciencia, llegará al conocimiento verdadero de todo aquello de que es capaz” (Descartes, 1989: 79).

En el tema de la influencia de valores y contextos, el positivismo lógico podría quedar caracterizado por los siguientes rasgos:

1. En condiciones normales, la ciencia es *neutral*, aislada de los valores sociales y culturales de cada sociedad y de cada época.
2. La ciencia tiene como finalidad última la búsqueda de la verdad (esto se conoce con el nombre de “visión teleológica”) y como motor, el afán por el saber.
2. La ciencia es objetiva, no intervienen los intereses ni las ideas de los investigadores.
3. Una visión positivista y triunfalista. La ciencia mejora el mundo a través de la tecnología; en sí misma no puede ser mala, sino que son sus usos los que pueden ser incorrectos o desviados.

Llegados a la quinta dimensión de análisis, podemos describir al positivismo lógico por las siguientes ideas acerca de la evolución científica:

1. *Acumulacionismo*. La ciencia avanza por la acumulación de nuevos descubrimientos, que se añaden al corpus ya establecido.
2. Las nuevas teorías son mejoras y ampliaciones de las antiguas. A menudo, el cambio de teorías se da por el descubrimiento de nuevos hechos empíricos.

Por su parte, al comparar la ciencia con otras empresas intelectuales humanas, el positivismo lógico adhiere a las siguientes ideas:

1. La ciencia es *epítome* del pensamiento racional. Es la forma más refinada, valiosa y útil de pensar el mundo. Por tanto, se constituye en modelo a imitar.
2. La ciencia se distingue de otras disciplinas principalmente por su *método* sistemático y riguroso.

En cuanto al séptimo y último campo conceptual, señalaremos que el positivismo lógico estaría atribuyendo a la epistemología un doble carácter: *metalingüístico* y *prescriptivo*. La epistemología tendría como tareas principales el “esclarecer” un lenguaje útil para las ciencias y el “normar” acerca de las formas de proceder correctas, consideradas racionales a priori.

Los profesores y profesoras de ciencias naturales frente a las ideas del positivismo lógico

Lo que hemos llamado “primera época” de la epistemología del siglo XX tendría, a nuestro juicio, diversos valores relevantes para rescatar en la profesionalización del profesorado de ciencias:

1. *Valor explicativo*. Las ideas positivistas lógicas permiten entender las imágenes de ciencia sostenidas por muchos profesores y profesoras, quienes en general adhieren a una visión “deformada” (Fernández et al., 2002) con matices triunfalistas, acumulacionistas y teleológicos. A la vez, el positivismo lógico proporciona un lenguaje específico, muy potente, para desocultar las ideas ingenuas sobre la ciencia y los científicos, hablar sobre ellas y criticarlas. En este sentido, llevar el positivismo lógico a la formación docente inicial y continuada permitiría elicitar concepciones alternativas, negociar significados y establecer juicios críticos sobre las ideas epistemológicas que circulan en el imaginario colectivo y los medios de comunicación masivos.

2. *Valor instrumental*. Los investigadores e investigadoras en didáctica de las ciencias acordamos grandemente en que es necesario “acercar” al profesorado de ciencias a formulaciones epistemológicas más recientes que las del Círculo de Viena (por ejemplo, las debidas a Popper, Kuhn, Lakatos, Hanson...), puesto que ellas tienen un mayor interés de cara a lograr una educación científica de calidad (Nussbaum, 1989; Fernández et al., 2002). Sin embargo, estas formulaciones son bastante complejas, y en parte requieren un “camino recorrido” por ideas y lenguajes más sencillos, que además echan luz sobre su génesis. En este sentido,

un conocimiento inicial del positivismo lógico permitiría estar “en mejores condiciones de comprender la motivación que hay detrás de las teorías [epistemológicas] modernas y de apreciar sus puntos fuertes y débiles” (Chalmers, 1982: 8).

3. *Valor cultural.* El contacto con creaciones intelectuales humanas de gran riqueza e indudable importancia histórica puede ayudar al profesorado de ciencias a valorar la actividad metacientífica y a reconocer que esta resulta *imprescindible* en las clases de ciencias de todos los niveles educativos. Al mismo tiempo, un recorrido por debates epistemológicos clásicos permite combatir lo que Chalmers (1982: 234) llama la *ideología de la ciencia*, es decir, los malos usos de los conceptos de “ciencia” y “verdad” para defender conservadurismos, discriminaciones, abusos y fraudes.

4. *Valor curricular.* Algunas propuestas del positivismo lógico, en particular tras su reformulación a fondo por parte de la concepción heredada, conservan una vigencia parcial o constituyen buenas “primeras aproximaciones” para entender la naturaleza de la ciencia. Es por ello que varios conceptos clásicos han sido seleccionados como contenidos de los currículos de ciencia actuales (por ejemplo: enunciado universal, explicación nomológico-deductiva, definición operacional de una magnitud). Se requiere entonces que el profesorado tome contacto con ese conjunto de ideas y términos para incluirlos en su enseñanza.

Comentarios finales

Las ideas positivistas lógicas que hemos reseñado más arriba “ajustan” parcialmente el *pensamiento* de muchos profesores y profesoras de ciencias naturales acerca de la naturaleza de la ciencia –pensamiento construido a lo largo de su escolaridad, de su formación inicial y de su práctica profesional–. Esas ideas, por supuesto, también capturan lo esencial de la *imagen de ciencia* que muchas personas sostienen en la actualidad, aunque sin el grado de rigor y coherencia de los epistemólogos profesionales. Y además circulan versiones

bastante radicalizadas de ellas en el ámbito científico. Sin embargo, en los circuitos de reflexión metateórica (epistemología, sociología de la ciencia, estudios sobre el lenguaje científico y didáctica de las ciencias, por ejemplo) tales ideas distan de mantener la misma vigencia.

En efecto, el paradigma positivista lógico, aunque –como ya hemos dicho– es sugerente y valioso en algunos aspectos, ha venido siendo fuertemente cuestionado desde diversas disciplinas y sus “coletazos” constituyen hoy un programa de investigación en decadencia: el epistemólogo estadounidense Fred Suppe (2000) resume esto muy gráficamente al hablar de la “defunción” del positivismo lógico. Sin embargo, no nos interesa aquí señalar los cuestionamientos que se le han hecho a esa escuela, que resultan muy conocidos, sino revisar algunas pocas insuficiencias que ella muestra para afrontar la complejidad de la enseñanza de las ciencias naturales en el siglo XXI, con sus nuevos objetivos proclamados, coherentes con la idea de una genuina *alfabetización científica de calidad para todos y todas*.

Izquierdo y Aliberas (2004: 19-21) marcan algunas de las carencias y limitaciones de este modelo epistemológico para fundamentar la tarea de enseñar ciencias en las aulas:

1. La distinción clásica que hace Hans Reichenbach entre los contextos de descubrimiento y de justificación es inadecuada en la educación científica formal no especializada. En los procesos de aprendizaje escolar, muchas veces ambas caras de la actividad están yuxtapuestas; el enfatizar la diferenciación entre ellas puede llevar a una ciencia escolar que los estudiantes no entienden y que no les sirve para dar sentido al mundo. Por ejemplo, Badillo (1999) ha marcado este problema en algunos libros de texto de matemática y física en Colombia: el énfasis exagerado sobre los aspectos más formales de la ciencia “ya establecida” dificulta el acceso de los estudiantes a la construcción de comprensiones genuinas sobre los conceptos.

2. La distinción entre términos teóricos y observacionales es defectuosa. Esta concepción simplista puede conducir a una separación aún mayor entre el trabajo del aula y el del laboratorio, separación que ya está bastante extendida en nuestras aulas de secundaria (Hodson, 1994).

3. La concepción sintáctica de la ciencia ha influenciado grandemente algunas teorías del aprendizaje importantes, como las de Robert Gagné (1916-2002), David Ausubel (n. 1918) y Joseph D. Novak (n. 1930), que correlacionan con la imagen de ciencia del positivismo lógico al poner énfasis en el *aprendizaje conceptual declarativo*. Sin embargo, poner el foco en los vínculos lógicos jerárquicos entre conceptos, más que en su capacidad para dar sentido a los fenómenos a fin de poder intervenir activamente sobre ellos (Izquierdo, 2000), transmite una imagen desvirtuada de la actividad científica, con la cual los estudiantes no pueden identificarse fácilmente.

4. Los modelos de cambio científico implícitos en la concepción positivista lógica, centrados en las alteraciones *estructurales* de la red conceptual de las ciencias, son inadecuados para dar cuenta de las (r)evoluciones teóricas que ocurren en el aula. En este sentido, la concepción positivista resulta insuficiente al profesor o profesora de ciencias para manejar la complejidad de su labor, que incluye poner en marcha entre los estudiantes nuevas formas, *racionales y razonables* (Izquierdo, 2000), de “ver” los fenómenos.

No obstante las limitaciones mencionadas, el estudio del positivismo lógico, particularmente en las versiones más refinadas de la concepción heredada, constituye para los profesores y profesoras de ciencias naturales una forma potencialmente movilizadora de iniciarse en el conocimiento de la epistemología. Por tanto, esta escuela epistemológica resulta de valor en la formación inicial y continuada del profesorado de ciencias naturales de nuestros países, y merece atención teórica (Adúriz-Bravo, 1999; Izquierdo y Aliberas, 2004: cap. 1). A nuestro juicio, a partir de tomar contacto con las ideas positivistas lógicas resultaría posible

entender e incorporar las conceptualizaciones epistemológicas posteriores y acceder a modelos y a autores que de otro modo resultarían inabordables.

Referencias

- Acevedo, J.A. (2000). Algunas creencias sobre el conocimiento científico de los profesores de educación secundaria en formación inicial. *Bordón*, 52(1), 5-16.
- Adúriz-Bravo, A. (1999). *Elementos de teoría y de campo para un análisis epistemológico de la didáctica de las ciencias*. Tesis de Maestría; publicación interna. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Adúriz-Bravo, A. (2001). *Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias*. Tesis de Doctorado. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona. [En línea.] <http://www.tdx.cesca.es/TDX-1209102-142933/>
- Adúriz-Bravo, A. (2005a). Methodology and politics: A proposal to teach the structuring ideas of the philosophy of science through the pendulum, en Matthews, M., Gauld, C. y Stinner, A. (eds.). *The pendulum: Scientific, historical, philosophical and educational perspectives*, 277-291. Dordrecht: Springer.
- Adúriz-Bravo, A. (2005b). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia. La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Adúriz-Bravo, A., Izquierdo, M. y Estany, A. (2002). Una propuesta para estructurar la enseñanza de la filosofía de la ciencia para el profesorado de ciencias en formación. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 465-476.
- Ayer, A. J. (ed.) (1981). *El positivismo lógico*. México: Fondo de Cultura Económica. (edición original en inglés de 1959)
- Badillo, E. (1999). *Estudio del conocimiento profesional de profesores de secundaria en Colombia: el caso de las relaciones entre derivada y velocidad*. Tesis de Maestría; publicación interna. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.

- Chalmers, A. (1982). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid: Siglo XXI. (2ª edición ampliada en inglés de 1982)
- Descartes, R. (1989). *Reglas para la dirección del espíritu*. Madrid: Alianza. (original en francés hacia 1628, publicado póstumamente)
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. y Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open University Press.
- Duschl, R. (1997). *Renovar la enseñanza de las ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo*. Madrid: Narcea. (edición original en inglés de 1990)
- Estany, A. (1990). *Modelos de cambio científico*. Barcelona: Crítica.
- Fernández, I., Gil-Pérez, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A. y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- Flichman, E., Miguel, H., Paruelo, J., y Pissinis, G. (eds.) (1999). *Las raíces y los frutos. Temas de filosofía de la ciencia*. Buenos Aires: CCC-Educando.
- Flick, L. & Lederman, N. (eds.) (2004). *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning and teacher education*. Dordrecht: Kluwer.
- Gallagher, J.J. (1991). Prospective and practicing secondary school science teachers' knowledge and beliefs about the philosophy of science. *Science Education*, 75(1), 121-133.
- Gil-Pérez, D. (1993). Contribución de la historia y filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 197-212.
- Hempel, C. (2005). *La explicación científica. Estudios sobre la filosofía de la ciencia*. Barcelona: Paidós. (edición original en inglés de 1965)
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313.
- Izquierdo, M. (2000). Fundamentos epistemológicos, en Perales, F.J. y Cañal, P. (eds.). *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*, 35-64. Alcoy: Marfil.

Izquierdo, M. y Aliberas, J. (2004). *Pensar, actuar i parlar a la classe de ciències: Per un ensenyament de les ciències racional i raonable*. Bellaterra: Servei de Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona.

Jiménez Aleixandre, M.P. (1996). *Dubidar para aprender*. Vigo: Edicións Xerais.

Klimovsky, G. (1994). *Las desventuras del conocimiento científico. Una introducción a la epistemología*. Buenos Aires: AZ Editores.

Koulaidis, V. y Ogborn, J. (1995). Science teachers' philosophical assumptions: How well do we understand them? *International Journal of Science Education*, 17(3), 273-283.

Lederman, N. (1999). Teachers' understanding of the nature of science: Factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 916-929.

Matthews, M. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. Londres: Routledge.

Mellado, V. (1997). Preservice teachers' classroom practice and their conceptions of the nature of science. *Science & Education*, 6(4), 331-354.

McComas, W. (ed.) (1998). *The nature of science in science education: Rationales and strategies*. Dordrecht: Kluwer.

Nussbaum, J. (1989). Classroom conceptual change: Philosophical perspectives. *International Journal of Science Education*, 11(número especial), 530-540.

Rosenberg, A. (2000). *Philosophy of science. A contemporary introduction*. Londres: Routledge.

Sanmartí, N., (coord.) (2003). *Aprender ciències tot aprenent a escriure ciències*. Barcelona: Edicions 62.

Samaja, J. (1999). *Epistemología y metodología. Elementos para una teoría de la investigación científica*. Buenos Aires: Eudeba. (3ª edición ampliada)

Suppe, F. (2000). Understanding scientific theories: An assessment of developments, 1969-1998. *Philosophy of Science*, 67, S102-S115.

Wartofsky, M. (1968). *Introducción a la filosofía de la ciencia*. Madrid: Alianza.