

Dos debates actuales en la investigación en didáctica de las ciencias experimentales

Agustín Adúriz-Bravo*
Elsa Meinardi*

Resumen

En la didáctica de las ciencias experimentales actual existen numerosos debates que acompañan la creciente consolidación de la disciplina en el ámbito universitario. En algunas cuestiones se ha llegado a consenso, mientras que en otras, la discusión sigue generando una intensa producción académica. En este trabajo trataremos dos de los debates que siguen abiertos: aquel en torno a la existencia de la ciencia escolar y el que se concentra sobre las relaciones entre la didáctica de las ciencias y la filosofía de la ciencia. Intentaremos mostrar diversas líneas de discusión, relacionando estos

debates con el cuerpo de conocimiento establecido en la didáctica de las ciencias experimentales.

Introducción

En los últimos diez años se han producido numerosos debates en el campo de la didáctica de las ciencias experimentales (Gil-Pérez, 1994a, 1996; Meinardi, 1998; Adúriz-Bravo, 1999; Izquierdo, 1999; Eder y Adúriz-Bravo, 2000), acompañando la creciente consolidación de la disciplina en el ámbito universitario. En muchas cuestiones se ha llegado a consensos más o menos amplios, mientras que en otras, la dis-

(*) Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Aula 14, Pabellón 2, Ciudad Universitaria. (1428) Buenos Aires, Argentina. E-mail (primer autor): 2083065@ticeu.uab.es.

cusión sigue aún generando una intensa producción académica. En este trabajo trataremos dos de los debates que siguen abiertos; los hemos seleccionado debido a su interés teórico de cara a la evolución futura de la didáctica. Intentaremos mostrar las diversas líneas de discusión, las ideas principales de los autores implicados, y la relación de estos debates con el cuerpo de conocimiento establecido en la didáctica de las ciencias experimentales.

Los temas a los que nos referiremos son:

1. ¿Existe una ciencia escolar distinta de la ciencia erudita? Los criterios de selección de los modelos teóricos para trabajar en el aula.
2. Las ideas de los profesores acerca de la naturaleza de la ciencia y su influencia sobre la práctica en el aula de ciencias experimentales.

En las siguientes secciones abordaremos estos dos problemas mostrando un panorama de las perspectivas teóricas disponibles, los problemas surgidos, y las posibles derivaciones en la investigación didáctica de los próximos años.

La ciencia escolar

En los últimos veinte años se ha generado una perspectiva teórica en la didáctica de las ciencias experimentales que parte de la base de aceptar la alta autonomía y originalidad de la

ciencia que se enseña y aprende en la escuela, dándole incluso el nombre propio de *ciencia escolar* (Izquierdo, en prensa). Se considera la *transposición didáctica* como un proceso conceptual muy complejo cuyo resultado guarda estrechas relaciones bidireccionales con la ciencia erudita (de los científicos), sin por ello constituir una mera reducción o simplificación de esta última.

La aceptación de esta afirmación inicial lleva a la necesidad de una fundamentación epistemológica de la ciencia escolar y de un estudio del contexto científico de educación (Izquierdo, en prensa), que todavía están por desarrollarse en nuestra disciplina. La didáctica de las ciencias experimentales ha importado muchas veces abusivamente modelos epistemológicos para la ciencia erudita intentando con ellos analizar la dinámica propia de la ciencia escolar, con lo que en buena medida se han perdido matices específicos de la situación de aprendizaje, o recreación social del conocimiento erudito en el aula, que algunos autores están intentando rescatar (Gil-Pérez, 1996).

Ahora bien, la aceptación de la existencia de una ciencia escolar con personalidad propia, caracterizada por sus valores epistémicos, y en constante evolución, nos plantea una serie de cuestiones teóricas que están actualmente siendo tratadas por la comunidad de didactas. Muchas de ellas tienen directa influencia en el desarrollo de currículo y de innovaciones didácticas.

Reseñaremos algunas de las más importantes a continuación.

Una ciencia basada en modelos más que en conceptos

La concepción teórica de *modelo* que utilizaremos para exponer este primer debate es la generada dentro del llamado modelo cognitivo de ciencia proveniente de la filosofía de la ciencia actual; el modelo cognitivo ha sido particularmente desarrollado por Ronald Giere (1992, 1999). La concepción de ciencia basada en modelos (*model based view*) está siendo utilizada también extensamente en la didáctica de las ciencias (Adúriz-Bravo, 1999; Izquierdo et al., 1999).

El conocimiento científico requiere establecer relaciones sistemáticas entre los fenómenos a partir de situaciones altamente idealizadas, que se reúnen, analógicamente, en un modelo científico. Se entiende que un modelo científico es una entidad no lingüística caracterizada por un número elevado de hipótesis de gran poder de abstracción, que usualmente están fuera del alcance de las capacidades cognitivas y lingüísticas de nuestros alumnos. A su vez, los modelos didácticos son, para Adúriz-Bravo y Galagovsky (1997), representaciones de los modelos científicos sobre las que ha operado una transposición didáctica; ellos funcionan como “el conjunto de mediaciones adaptativas entre el saber científico y

su versión escolar” (Frigerio, 1991). En un sentido similar, Izquierdo (1999) habla de *modelos científicos escolares*.

Ahora bien, ¿qué pasa con estos dos tipos de modelos en el aula? Muchas veces valoramos los propios modelos científicos como metas de conocimiento para el currículo de secundaria obligatoria, sin tener en cuenta que nuestros alumnos no poseen las herramientas conceptuales ni disponen de las operaciones cognitivas y lingüísticas de los científicos que construyeron estos modelos. Olvidamos que el modelo científico debería ser un punto de llegada, y no de partida, en la enseñanza de las ciencias experimentales (Meinardi, 1998).

Giordan y de Vecchi (1988) señalan que en la modelización “se trata, sobre todo, de reflexionar sobre los tipos de preguntas que se quieren responder”. El modelo didáctico es un recorte e idealización de la realidad empírica; la pregunta que debemos hacernos es: ¿qué hechos de la realidad queremos explicar con él? Un modelo que no conecta con hechos de la realidad del alumno, no sería, para muchos didactas, un verdadero modelo científico escolar (Izquierdo, en prensa).

Los buenos modelos didácticos funcionan como facilitadores del acceso de los alumnos al nivel más alto de representación de las disciplinas científicas. Posibilitan la construcción gradual de los saberes desde las formas más intuitivas y empíricas hasta las más estructuradas y teóricas. Para eso, es

necesario que el docente explicita las limitaciones de los modelos didácticos y su relación con los modelos científicos, también limitados, además de enfatizar el carácter provisorio y perfectible del proceso de modelización (Adúriz-Bravo y Galagovsky, 1997).

Matthews (1994), en un trabajo ya clásico, menciona que la ruptura epistemológica con el sentido común que implica la ciencia no ha sido reconocida adecuadamente en la instrucción científica y entonces, “la aparente incapacidad de la instrucción para instruir se ha convertido en un enigma”. Esta ruptura con el sentido común implica la mediación de los modelos teóricos; la instrucción científica cobraría sentido entonces en el proceso de aprender a modelizar. Pero decíamos que los modelos científicos deberían ser un punto de llegada con nuestros alumnos. Deberíamos empezar con modelos didácticos que transpongan los contenidos eruditos *sin perder el referente disciplinar* (Meinardi, Sztrajman y Adúriz-Bravo, 1997, 1998; Izquierdo, 1999). Y tener presente qué preguntas se quieren responder, es decir, representarse claramente los objetivos de la acción de modelizar en el aula (Izquierdo et al., 1999).

Hoy en día se afirma que los procedimientos científicos deben ser enseñados en su relación con los contenidos conceptuales que les dan sustento. Ahora bien, ¿cuál es esta relación entre procedimientos y contenidos en el seno de un modelo teórico? Harlen (1989)

menciona que hasta hace pocos años “se trataban los conocimientos y los conceptos como productos de los procesos. Esta perspectiva de las ciencias es inductiva y considera el conocimiento como resultado de las observaciones y de las pruebas”. Un cambio de esta perspectiva implica una ruptura epistemológica importante (Gil-Pérez, 1993a).

Dos enfoques posibles para abordar la relación contenidos-procedimientos son los que muestra Pozo (1997) cuando dice que “durante mucho tiempo (...) se creyó que el desarrollo de ciertas capacidades generales de pensamiento servía para que luego, los alumnos, fueran capaces de aplicarlas desde arriba a cuantas tareas específicas lo requirían. En cambio, hoy en día se defiende la necesidad de enseñar esas capacidades desde los contenidos específicos de cada una de las materias”. En esta cita vemos enfrentados el enfoque formalista de inspiración piagetiana y un enfoque semántico más actual, centrado en los *contextos* que cada contenido específico construye. Se hablaría entonces de conocimiento *situado* (Pozo, 1996).

Actualmente parece darse por sentado que los procedimientos no se pueden separar de los contenidos a aprender; este es una hipótesis que daría por tierra con la moda del “enseñar a pensar” sin contenidos específicos detrás, que intentó difundirse en el profesorado como derivación de los trabajos de Piaget. Sin embargo, han apa-

recido nuevos problemas: no está claro, por un lado, qué es exactamente un contenido procedimental y, por otro lado, cuál es el lugar que ocupa la enseñanza de procedimientos en las aulas de ciencias.

Hay abundante evidencia (Duschl y Hamilton, 1992) de que los profesores seguimos atribuyendo una importancia central a los conceptos y vemos los procedimientos como un elemento periférico del currículo y de la propia ciencia. Hemos heredado esta visión epistemológica fuertemente lingüística de nuestra formación inicial y nuestra experiencia como estudiantes. Ponemos tanto énfasis en la estructura conceptual que dedicamos un tiempo enorme a su enseñanza y evaluación, pero finalmente comprobamos muchas veces que estos conceptos quedan, para nuestros alumnos, en la categoría de simples etiquetas *memorísticas* que no tienen sustento en representaciones de los fenómenos a explicar o de las acciones que sobre ellos se realizan (Galagovsky, 1993; Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2000).

Poniendo por caso la biología, es cierto que evaluar si un estudiante comprende el rol de un órgano en un sistema, o la función de una organela que está sólo en algunas células, es más difícil y laborioso para nosotros que interrogarlo acerca de sus nombres. Pero aquí tenemos que decidir el tipo de alfabetización científica que queremos para nuestros alumnos; probablemente no tengamos tiempo suficiente para lograr un aprendizaje

significativo, funcional y a la vez vasto y enciclopédico, entonces tendremos que optar. Si no, corremos el riesgo de que, una vez olvidadas las *etiquetas lingüísticas*, no queden representaciones mentales a las cuales hacer referencia.

Además de este énfasis desmedido en los conceptos, se verifica a menudo en los profesores una falta de reflexión acerca de los procedimientos cognitivos que se desean poner en juego en cada secuencia instruccional. Cuando planificamos una secuencia didáctica, nunca falta la referencia a los conceptos que queremos enseñar, pero pocas veces aparecen bien explicitados los propósitos didácticos de cada actividad. Estos propósitos tienen que ver con los procedimientos cognitivos que queremos lograr en nuestros alumnos, por ejemplo, generar un conflicto cognitivo, dar lugar a la formulación de hipótesis, o promover la reflexión metacognitiva (Galagovsky, 1993).

Estos dos problemas (procedimientos materiales y cognitivos), que generan un amplio campo de investigación didáctica, pueden ser revisados desde el concepto de modelo expuesto más arriba. Una ciencia escolar basada en modelos teóricos da cuenta de las acciones que el alumno puede hacer sobre el mundo (ya que el modelo, como entidad no lingüística, tiene una componente de *intervención* sobre la realidad). Además, el modelo científico escolar conecta con las representaciones propias del alumno, que se estruc-

turan en forma de modelos mentales caracterizados por una serie de *estrategias cognitivo-lingüísticas* (Izquierdo et al., 1999).

Una ciencia integrada más que disciplinar

La construcción de una ciencia escolar autónoma cuyas entidades centrales son los modelos teóricos plantea un problema de identificación de las ideas nodales de las ciencias experimentales, que pueden ser meramente disciplinares o en algunos casos atravesar las disciplinas. Esto repercute en un debate acerca de la estructuración más idónea del currículo de ciencias experimentales para la secundaria obligatoria.

Hay un número de la revista *Infancia y Aprendizaje* (65, de 1994) dedicado al debate sobre si el currículo de ciencias debería tener una organización estrictamente disciplinar, heredada de la ciencia erudita, o una más bien globalizada en un área. Resumiremos primero los puntos de vista de algunos autores que optan por el enfoque disciplinar.

Daniel Gil-Pérez (1994b) dice que “la esencia misma del trabajo científico exige tratamientos analíticos, simplificadores, artificiales. La historia del pensamiento científico es una constante confirmación de que ésta es la forma correcta de hacer ciencia, de profundizar en el conocimiento de la realidad en

campos definidos, limitados”. Otro autor (Hernández, 1992) menciona que las investigaciones disponibles parecen avalar que se necesita un grado alto de competencia informativa para poder establecer luego las relaciones generalizadoras. Esta competencia debe ser fruto de una profundización en el estudio de los diferentes dominios disciplinares. Por su parte, Adúriz-Bravo (1999) plantea cierta indefinición en el concepto mismo de transdisciplinariedad en el currículo, ya que las propias disciplinas representan enfoques de la realidad diferentes e irreductibles entre sí, y poco unificables en un nivel superior.

En otro trabajo, el mismo Gil-Pérez (1993b) dice que “la ciencia compleja sólo puede ser el resultado al que se llega después de aproximaciones inicialmente simplificadoras y disciplinares, (...) cada disciplina estudia niveles de organización de la materia distintos, que no se pueden mezclar sin caer en una visión empobrecida de la realidad”. Gil-Pérez asocia, de esta forma, la integración disciplinar prematura o abusiva con una ciencia empobrecida.

Por otro lado, los autores que apoyan la integración de las diversas disciplinas apuntan que “los conocimientos construidos en la escuela tienen que ser de utilidad para el conjunto de la población en su vida diaria. (...) Para interesar a toda la población las ciencias deberían enganchar con los problemas e intereses de la vida diaria (...) y esto lleva lógicamente a una estructu-

ración de área” (Jiménez Aleixandre et al., 1990). Así, la estructuración curricular en áreas subordina la idea de disciplina al tratamiento de la complejidad que implican los problemas reales.

Mercè Izquierdo (1994), desde otra perspectiva, sugiere que “el referente disciplinar, es la ciencia del científico, mientras que el concepto de área es curricular, y se elabora pensando en la escuela”. Y agrega: “el problema es conseguir que las preguntas que se plantean en clase sean relevantes para los alumnos. (...) Esto significa reinventar las ciencias para hacerlas escolares”. Izquierdo (ver Sanmartí e Izquierdo, 1997) remite así la respuesta a la cuestión sobre ciencia disciplinar o compleja a decisiones en relación con las finalidades de la enseñanza científica, más que con la validez teórica de un modelo u otro; se trata de una respuesta fuertemente pragmática y contextual. Si la ciencia escolar tiene como función principal la de perpetuación del acervo cultural humano, seguramente deberá tenerse en cuenta el referente disciplinar tradicional.

Ahora bien, la implementación de cambios profundos en la estructura del currículo de ciencias supone también modificaciones sustanciales en la formación docente inicial y continuada. La mayoría de nosotros hemos sido formados como docentes de *una* disciplina, trabajamos solos en el aula y no tenemos tiempo (al menos institucional y rentado) para discutir y planificar con nuestros colegas del departamento. Por

tanto, un nuevo modelo de desarrollo profesional del profesorado es requisito para que las reformas curriculares de fondo puedan llevarse a la práctica (Sanmartí e Izquierdo, 1997).

Una ciencia con sus objetivos propios

La independencia de la ciencia escolar, y la existencia de un verdadero *contexto científico de educación* (Izquierdo, en prensa), están sustentadas principalmente en la especificidad que tienen los valores de la enseñanza de las ciencias en la escuela, en muchos casos distintos (complementarios) a los de los propios científicos. Algunos autores se plantean hasta qué punto es posible que estos valores escolares afecten los de la ciencia erudita y generen cambios globales en la sociedad (Izquierdo, en prensa). Hoy en día, son muchos los que han alzado sus voces planteando que la escuela tiende a reproducir y a legitimar los modelos sociales imperantes. Al mismo tiempo, estos autores proponen pensar en un modelo diferente, orientado a formar el pensamiento crítico de nuestros alumnos, para una sociedad deseable (Sanmartí e Izquierdo, 1997).

Lo que está en debate es, pues, si es legítimo quedarse únicamente con el objetivo de insertar a nuestros alumnos como ciudadanos de esta sociedad, o si, por el contrario, deberíamos hacernos preguntas tales como: ¿qué significa el bienestar de la sociedad?, ¿la

sociedad que tenemos, es la misma que la que deseamos?, ¿estamos dispuestos a educar para esta sociedad? (Meinardi, 1999).

Los imperativos sociales actuales responden a la necesidad de eficiencia. Díaz Barriga (1995) caracteriza muchos planteamientos educativos como “la expresión pedagógica por medio de la cual la sociedad industrial pretende adecuar el funcionamiento de la escuela a las exigencias del proceso de industrialización. Esta situación explicaría (entre otras cosas) la orientación global de tecnología educativa, curriculum y evaluación hacia un criterio de eficiencia y control”. ¿Es verdaderamente esto lo que queremos enseñar?

Toda propuesta de enseñanza de las ciencias implica una concepción particular, implícita o explícita, de cuáles son los propósitos de la educación científica (Meinardi, 1999). Hace unos pocos años, por ejemplo, algunos autores proponían que el objetivo de la educación debía ser formar ciudadanos “activos y solidarios para conquistar el bienestar de la sociedad” (Fourez, 1997).

Oponiéndose a esto, Wolovelsky y Aljanati (1998) proponen una mirada menos ingenua. Dicen que la escuela “debe ser el lugar donde se produce la distribución de aquellos conocimientos socialmente significativos, así como de aquellos saberes clásicamente validados”. Pero la escuela tiene otras funciones que van más allá de esta primera.

Una de ellas es “la de hacer “gobernable” la sociedad. Dicho de otro modo, lograr el sostenimiento y la legitimación de un determinado sistema de poder”. Estos autores sugieren pensar en alternativas más democráticas a estas llamadas *demandas de la sociedad*.

Una ciencia que parte de los conocimientos cotidianos

La caracterización epistemológica de la ciencia escolar requiere encontrar sus conexiones con la ciencia erudita pero también con el conocimiento cotidiano que los alumnos traen al aula. Esta última cuestión ha generado una de las áreas de investigación más importantes y desarrolladas dentro de la didáctica de las ciencias experimentales, pero que no está exenta de hondos debates de naturaleza teórica y metodológica.

Dice Lenzi (1998) que “uno de los principios básicos del llamado movimiento constructivista (...) es el reconocimiento de la importancia de los conocimientos previos de los alumnos para todo nuevo aprendizaje”. Sin embargo, respecto de qué son las ideas previas de los alumnos, tenemos un cierto número de visiones encontradas. Para algunos autores, las ideas espontáneas “no conforman un sistema elaborado” (Giordano et al., 1991). Para otros, como Pozo (1996), estas ideas poseen cierto grado de organización y consistencia, lo que permite conside-

rarlas como *teorías implícitas*. Otros autores consideran que, en ocasiones, cuando interrogamos a los alumnos obtenemos respuestas incoherentes, que se contradicen entre sí y que pueden cambiar de un momento a otro.

La situación es compleja, pues bajo el encabezado de “ideas de los alumnos” hemos considerado un gran número de cosas distintas entre sí; a esto se suma la enorme variedad de nombres que se emplean para referir a entidades que muchos autores consideran similares (Meinardi, 1998). Esta falta de claridad en el campo de la didáctica se manifiesta en investigaciones sobre ideas previas que indagan acerca de los conocimientos escolares ya adquiridos, o las opiniones de los alumnos acerca de un fenómeno o un problema. Pero la naturaleza de estos tipos de conocimiento es completamente distinta a la de las ideas espontáneas.

El conocimiento espontáneo (también denominado *cotidiano* por otros autores) es de carácter intuitivo y socialmente compartido, se ha validado en la experiencia empírica y en la interacción social, y se ha adquirido en un contexto de pertenencia a un determinado grupo cultural. La impronta afectiva de este saber es, por tanto, muy grande. La escuela muchas veces quiere obligar al alumno a dejar de confiar en estos referentes socioculturales que le han permitido construir y manejar la realidad, a cambio de aceptar el saber disciplinar que aporta el profesor, sin que se expliciten las ven-

tajas de este saber y los contextos especiales en los que puede ser operativo.

Parece importante, pero ha sido poco tenido en cuenta hasta ahora en las investigaciones, hacer alguna distinción acerca de si las ideas previas son ideas cotidianas, o si se han constituido en el marco escolar, como producto de la instrucción. A los fines de la educación, podría no ser lo mismo un modelo explicativo validado socio-afectivamente, que un saber rutinizado aprendido en la escuela. Si podemos diferenciarlos, nuestro proceder sobre ellos también puede ser diferente (Meinardi, 1998).

Dentro del marco constructivista que nuclea actualmente los desarrollos en didáctica de las ciencias experimentales, la cuestión de indagar las ideas previas de los estudiantes funciona a modo de lema pedagógico. Sin embargo, es importante tener claridad sobre qué indagamos y sobre qué planificamos para hacer después de esta indagación. Y es aquí donde pueden aparecer los mayores problemas. La clase puede transformarse en meramente expositiva, o bien puede procederse a una actividad grupal o a alguna otra dinámica. En un contexto de aula inadecuado, habremos incorporado una herramienta de moda en la investigación didáctica adaptándola a nuestra enseñanza tradicional. Como señala Giordan (1982), la interrogación a los alumnos es, a menudo, sólo un método expositivo disfrazado.

Resumiendo los problemas planteados en este primer debate:

1. Hay que estudiar la epistemología de la ciencia escolar, que es distinta de la de los científicos, para decidir sobre su estructura formal y la forma idónea de organizarla curricularmente. Esta forma, según muchos autores, pasaría por la selección de modelos científicos escolares y no necesariamente atendería a la estructura disciplinar.
2. Optar por una ciencia escolar integrada y basada en modelos exige cambios en muchos aspectos organizativos escolares: los programas, horarios, espacios, sistemas de evaluación, relaciones entre los docentes.
3. Desde esta perspectiva, sería necesario replantear la formación del profesorado y su desarrollo profesional en los departamentos de ciencias experimentales.

Ideas acerca de la ciencia en el profesorado de ciencias experimentales en formación y en actividad

Las ideas acerca de la naturaleza de la ciencia (concepciones epistemológicas alternativas) que tienen los estudiantes, el profesorado, los científicos y el público en general son objeto de estudio y reflexión de una nueva línea de investigación didáctica en muy rápido crecimiento (Hodson, 1988; McComas,

1998; Adúriz-Bravo, 1999). Esta línea tiene importantes derivaciones para el diseño curricular y la formación del profesorado de ciencias.

Existe una opinión más o menos generalizada, en el ámbito de la investigación didáctica, acerca de la influencia negativa que tiene en el aula la visión del sentido común acerca de la naturaleza de la ciencia que detentan a menudo tanto el profesorado como el currículo y los libros de texto (McComas, 1998). Diversos estudios han caracterizado esta visión, en rasgos generales, como empirista, infalibilista, ahistórica, socialmente neutra, teleológica y de acumulación lineal (Gil-Pérez, 1993a; Mellado y Carracedo, 1993; Adúriz-Bravo, 1999).

Dos cuestiones de honda raigambre en el campo de la filosofía de la ciencia académica, que han recibido diversas respuestas a lo largo de la historia de esta disciplina, nos permiten acercarnos al debate acerca de la filosofía de la ciencia que circula en la escuela. Son aquellas que corresponden a las cuestiones filosóficas centrales que podemos llamar de *correspondencia* y *racionalidad* (Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2000). Las trataremos brevemente en los apartados que siguen.

El realismo perspectivo y la ciencia escolar

La primera cuestión fundacional que hemos mencionado puede formularse de la siguiente manera: ¿son las

ciencias un conocimiento sobre aspectos del mundo que procura aproximarse a la realidad, o bien son un conjunto de recursos conceptuales cuya finalidad es lograr un modelo explicativo de la realidad, apelando a entidades mediadoras que no tienen por qué existir?

La respuesta a esta pregunta es particularmente importante en la didáctica de las ciencias experimentales, dado el consenso creciente sobre que, si se quiere cambiar lo que los profesores y los alumnos hacemos en las clases de ciencias, es preciso modificar nuestra epistemología *espontánea*, es decir, la concepción sobre la naturaleza de la ciencia que ponemos en acción en el aula (Mellado y Carracedo, 1993). Para abordar esta primera cuestión, haremos una rápida exposición de dos concepciones epistemológicas de interés para la didáctica que la responden.

En primer lugar, podemos mencionar el *realismo*, según el cual las teorías describen, o aspiran a describir, qué es realmente el mundo. Esta concepción realista conlleva la idea de verdad; la ciencia aspira a dar descripciones verdaderas del mundo, y el mundo existe independientemente de nosotros. La idea de que la ciencia tiende a dar una versión verdadera de la realidad es empleada, muchas veces, como contrapunto al relativismo, del que hablaremos más abajo. Karl Popper, por ejemplo, la emplea en este sentido: una teoría puede ser verdadera aun si nadie cree en ella, ya que la verdad es *objeti-*

va. En todo caso, conviene señalar que las cuestiones de correspondencia y racionalidad son separables y se encuentran en la filosofía y la didáctica de las ciencias las más variadas combinaciones entre ellas (Loving, 1998).

Para el *instrumentalismo*, en cambio, las teorías tienen el rol de instrumentos conceptuales destinados a relacionar un conjunto de estados observables con otros. En un ejemplo clásico, las moléculas en movimiento del modelo de los gases ideales son ficciones de los científicos que nos permiten predecir las manifestaciones observables de las propiedades de los gases. Las contrucciones teóricas, entonces, no son juzgadas por su verdad o falsedad, sino más bien por su utilidad como instrumentos. Esto es lo que se llama *adecuación empírica* (Adúriz-Bravo, 1999).

¿Qué influencia puede tener este debate realismo/instrumentalismo en la didáctica de las ciencias? El constructivismo radical, por ejemplo en la versión extrema de von Glasersfeld, “propone la producción cognitiva de modelos o estructuras útiles en diversas situaciones, a los fines de ordenar un dominio de experiencias. En una palabra, [según los constructivistas] nuestro conocimiento no nos informa acerca del mundo sino acerca de nuestras experiencias y de cómo estas se organizan” (Castorina, 1998). Pareciera entonces haber una contradicción entre constructivismo y realismo.

Pozo (1989) asocia el realismo representacional al *principio de correspondencia*, que también forma parte del núcleo duro del conductismo, según el cual el conocimiento es una copia de la realidad. Por el contrario, la alternativa que plantea el constructivismo, que supone que los seres humanos construimos internamente modelos del mundo, según algunos autores no puede ser realista. Esto ha dado lugar a la afirmación de que no se puede ser constructivista y creer que la ciencia describe el mundo real.

A este respecto, Castorina (1998) señala que el constructivismo, así entendido, da un salto injustificado desde la premisa de que el conocimiento es una estructuración del propio sujeto hacia la afirmación de que la realidad es incognoscible. Castorina sugiere que si bien es importante realizar una ruptura teórica con el realismo empirista, es viable pensar en un realismo *crítico*, distante del mero reflejo o copia del mundo. Este realismo crítico, para Adúriz-Bravo e Izquierdo (2000), es uno de los contenidos epistemológicos que sustentan la educación científica.

Enlazando esta oposición con el debate anterior, es posible mostrar que el realismo crítico es compatible con una concepción de la ciencia escolar basada en modelos (Giere, 1992), y además no entra en contradicción con los fines proclamados para la educación científica obligatoria, que son de corte claramente anti-relativista.

La racionalidad moderada y la ciencia escolar

La segunda cuestión epistemológica de gran importancia para la didáctica de las ciencias experimentales que queremos presentar es aquella que hace a la *justificación* del conocimiento científico. Nuevamente exponemos dos visiones filosóficas encontradas que tienen amplia influencia en nuestra disciplina.

Según Alan Chalmers (1988), para el *racionalismo* hay un solo criterio, universal y atemporal, por el cual deben ser juzgados los méritos de las teorías. Para un inductivista, este criterio puede ser el apoyo que dan los hechos al ser generalizables; para un falsacionista, la posibilidad que las teorías tienen de ser refutadas por los hechos. Para el racionalismo, entonces, la distinción entre ciencia y no ciencia está clara: casos caricaturizados, como la astrología o el marxismo, quedan fuera por no cumplir los requisitos de falsabilidad y de apoyo empírico.

En el otro extremo se encuentra el *relativismo*, según el cual no hay un criterio universal y ahistórico para que una teoría pueda ser juzgada como mejor que otra. Para Kuhn (1971), por ejemplo, no hay ninguna norma por encima de la aprobación de la comunidad científica. Una postura extrema en esta línea es la de Feyerabend, quien dice: "En las escuelas, por ejemplo, se enseña la ciencia como algo natural. Así, mientras que un americano puede

escoger ahora la religión que más le guste, no se le permite todavía elegir que su hijo estudie magia en lugar de ciencia en la escuela. Hay una separación entre la Iglesia y el Estado, pero no la hay entre el Estado y la ciencia” (Feyerabend, 1975). Feyerabend no está dispuesto a aceptar la superioridad de la ciencia sobre otras formas de conocimiento.

La incorporación de estas dos posturas filosóficas en forma simplificada en el aula se resume, muchas veces, en una secuencia de razonamientos similar a la siguiente: hay diferentes representaciones de la realidad que son *construidas*, y dado que no existe un método científico universal que permita validar el conocimiento, todos los conocimientos tienen el mismo estatus, incluyendo el religioso, el mítico y el científico.

El razonamiento puede seguir así: dado que el conocimiento científico se valida socialmente, y como este conocimiento cambia todo el tiempo, nunca llegamos a conocer el mundo real (por tanto, el conocimiento científico es instrumental, no habla de la realidad del mundo). La conclusión a la que podemos arribar es que el mundo real no existe, en la medida en que nunca podremos conocerlo cabalmente. Entonces, las diferentes representaciones socialmente construidas acerca del mundo tienen lugar en la escuela y deben ser atendidas.

Frente a esta introducción abusiva del relativismo científico en el aula, la

nueva didáctica de las ciencias propugna por modelos realistas críticos y racionalistas moderados, que recuperan el valor cultural de las ciencias y su eficacia para transformar el mundo (Adúriz-Bravo, 1999; Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2000; Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2000). En este sentido, los desarrollos teóricos de Ronald Giere (1999), en especial su caracterización del realismo *perspectivo*, son de primordial interés para la didáctica de las ciencias de los próximos años.

Nuevamente este debate conecta con la concepción de ciencia escolar basada en modelos expuesta más arriba. Recuperar una postura realista y racionalista para las ciencias, que es la única verdaderamente compatible con una educación científica democrática, exige revalorizar el conocimiento que circula en la escuela como algo más allá de una deformación del conocimiento erudito. Los modelos científicos escolares cobran sentido en tanto que permiten a los alumnos interpretar el mundo desde sus propias herramientas cognitivas acercándolas crecientemente a los referentes culturales disciplinares.

Como conclusión

Para terminar este trabajo, quisiéramos mencionar una cuestión que forma parte del eje central de estos debates y otros muchos, y es la que se refiere a qué es la propia didáctica de

las ciencias (Weissman, 1989; Gil-Pérez, 1996; Porlán, 1998; Adúriz-Bravo, 1999; Eder y Adúriz-Bravo, 2000). Cuando se interroga sobre este tema a los profesores en formación o en actividad, muchos responden que la didáctica es “el trabajo en el aula” o bien un conjunto de prescripciones y reglas para la práctica en el aula. Es decir, los profesores aún mantenemos, en muchos casos, una concepción *tecnológica* de la didáctica que no incluye el cuestionamiento crítico de nuestro quehacer en la clase.

Deberíamos pensar la didáctica al menos como una *reflexión* teórica sobre la práctica de enseñar. Una reflexión que se nutre en el aula y que vuelve a ella, a modo de un feedback o retroalimentación entre ambas. Si mantenemos otras visiones, seguiremos asistiendo a la existencia de dos discursos que se relacionan poco entre sí: el académico de los didactas, que no alcanza a tener incidencia en la práctica real, y el pragmático de los docentes, que no cuestiona críticamente los tópicos que hemos tratado aquí u otros que hacen a la mejora de la calidad de la enseñanza de las ciencias experimentales.

Bibliografía citada

Adúriz-Bravo, A. (1999). *Elementos de teoría y de campo para la construcción de un análisis epistemológico de la didáctica de las ciencias*. Tesis

de maestría: Universitat Autònoma de Barcelona.

Adúriz-Bravo, A. y Galagovsky, L. (1997). Modelos científicos y modelos didácticos en la enseñanza de las ciencias naturales. Parte 1: consideraciones teóricas. *Actas de la X Reunión Nacional de Enseñanza de la Física*. Mar del Plata, Argentina.

Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo, M. (2000). Ideas epistemológicas centrales para la formación del profesorado de ciencias experimentales. *Actas del Simposio de Formación de Profesionales de la Educación*. Girona, España.

Castorina, J.A. (1998). Los problemas conceptuales del constructivismo y su relación con la educación, en AA.VV. *Debates constructivistas*. Buenos Aires: Aique.

Chalmers, A. (1988). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid: Siglo XXI Editores.

Díaz Barriga, A. (1995). *Didáctica. Aportes para una polémica*. Buenos Aires: Aique.

Duschl, R. y Hamilton, R. (1992). *Philosophy of Science, Cognitive Psychology, and Educational Theory and Practice*. Albany: State University of New York Press.

Eder, M.L. y Adúriz-Bravo, A. (2000). Relaciones entre la didáctica general y la didáctica de las ciencias naturales. Una mirada epistemológica. *II Congreso Iberoamericano de Educación en Ciencias Experimentales*. Córdoba, Argentina.

- Feyerabend, P. (1975). *Contra el método*. Barcelona: Ariel.
- Frigerio, G. [comp.] (1991). *Curriculum presente, ciencia ausente. Tomo I: Normas, teorías y críticas*. Buenos Aires: Miño y Dávila.
- Fourez, G. (1997). *La alfabetización científica y tecnológica*. Buenos Aires: Colihue.
- Galagovsky, L. (1993). *Hacia un nuevo rol docente. Una propuesta diferente para el trabajo en el aula*. Buenos Aires: Troquel.
- Giere, R. (1992). *La explicación en ciencia. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Giere, R. (1999). Del realismo constructivo al realismo perspectivo. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 9-14.
- Gil-Pérez, D. (1993a). Contribuciones 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.
- Gil-Pérez, D. (1993b). Enseñanza de las Ciencias, en Gil-Pérez, D. y de Guzmán, M. [comps.]. *Enseñanza de las Ciencias y las Matemáticas. Tendencias e innovaciones*. Madrid: Editorial Popular/OEI.
- Gil-Pérez, D. (1994a). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 154-164.
- Gil-Pérez, D. (1994b). El currículo de ciencias en la educación secundaria obligatoria: ¿área o disciplinas? ¡Ni lo uno ni lo otro sino todo lo contrario! *Infancia y Aprendizaje*, 65, 19-30.
- Gil-Pérez, D. (1996). New trends in science education. *International Journal of Science Education*, 18(8), 889-901.
- Giordan, A. (1982). *La enseñanza de las Ciencias*. Madrid: Siglo XXI Editores.
- Giordan, A. y de Vecchi, G. (1988). *Los orígenes del saber*. Sevilla: Díada.
- Giordano, M. y otros (1991). *Enseñar y aprender las ciencias naturales*. Buenos Aires: Troquel.
- Harlen, W. (1989). *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. Madrid: Morata.
- Hernández, F. (1992). A vueltas con la globalización. *Cuadernos de Pedagogía*, 202, 64-66.
- Hodson, D. (1988). Filosofía de la ciencia y educación científica, en Porlán, R. y otros [comps.]. *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Díada.
- Izquierdo, M. (1994). Las Ciencias de la Naturaleza en la E.S.O., ¿un área común o disciplinas distintas? *Infancia y Aprendizaje*, 65, 31-34.
- Izquierdo, M. (1999). *Memoria de acceso a la plaza de catedrática*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Izquierdo, M. (en prensa). *Fundamentos epistemológicos de la ciencia escolar*.

- Izquierdo, M. y Adúriz-Bravo, A. (2000). *Epistemological foundations of science education*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N. y Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 45-59.
- Jiménez Aleixandre, M.P., García-Rodeja, I. y Lorenzo, F. (1990). Pero, ¿existe el Área de Ciencias? *Cuadernos de Pedagogía*, 188, 64-66.
- Kuhn, T. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Lenzi, A. (1998). Psicología y didáctica: ¿relaciones "peligrosas" o interacción productiva?, en AA.VV. *Debates constructivistas*. Buenos Aires: Aique.
- Loving, C. (1998). Nature of science activities using the scientific profile: From the Hawking-Gould dichotomy to a philosophy checklist, en McComas, W. [comp.]. *The nature of science in science education. Rationales and strategies*. Dordrecht: Kluwer.
- Matthews, M.R. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 255-277.
- McComas, W. (1998). *The nature of science in science education. Rationales and strategies*. Dordrecht: Kluwer.
- Meinardi, E. (1998). Debates actuales en la Didáctica de las Ciencias Naturales y su relación con la práctica en el aula. *Actas de las 4tas Jornadas de Enseñanza de la Biología*. San Juan, Argentina.
- Meinardi, E. (1999). Finalidades de la educación científica, en *La ciudad invita a pensar*. Buenos Aires: Eudeba.
- Meinardi, E., Sztrajman, J. y Adúriz-Bravo, A. (1997). La utilización del pensamiento científico en el profesorado. *Actas del V Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*. Murcia, España.
- Meinardi, E., Sztrajman, J. y Adúriz-Bravo, A. (1998). Modelización y métodos numéricos en el aula: la propagación del calor en los seres vivos. *Educación en Ciencias*, 2(5).
- Mellado, V. y Carracedo, D. (1993). Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), 331-339.
- Porlán, R. (1998). Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 175-185.
- Pozo, J.I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.
- Pozo, J.I. (1996). *Aprendices y maestros. La nueva cultura del aprendizaje*. Madrid: Alianza.
- Pozo, J.I. (1997). La crisis de la educación científica: ¿volver a los básicos o volver al constructivismo? *Alambique*, 14, 91-106.

Sanmartí, N. e Izquierdo, M. (1997). Reflexiones en torno a un modelo de ciencia escolar. *Investigación en la escuela*, 32, 51-62.

Weissman, H. (1989). La enseñanza de las Ciencias Naturales. Un área de conocimiento en pleno debate, en

Iaies, G. [comp.]. *Didácticas Especiales. Estado del debate*. Buenos Aires: Aique.

Wolovelsky, E. y Aljanati, D. (1998). Ciencia e ideología. Consideraciones sobre la enseñanza de las ciencias. *Versiones*, 9, 68-75.