

# PROBLEMÁTICA DE LA ENSEÑANZA

## EL MODELO DE *CIENCIA ESCOLAR*. UNA PROPUESTA DE LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS NATURALES PARA ARTICULAR LA NORMATIVA EDUCACIONAL Y LA REALIDAD DEL AULA.

ELSA MEINARDI<sup>(1)</sup>, AGUSTÍN ADÚRIZ-BRAVO<sup>(1-2)</sup>

LAURA MORALES<sup>(1)</sup>, LEONOR BONAN<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Aula 14, Pabellón II, Cdad. Universitaria. (1428) Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: emeinardi@fibertel.com.ar

<sup>(2)</sup> Departament de Didáctica de les Matemàtiques i de les Ciències Experimentals, Universitat Autònoma de Barcelona, España.

### RESUMEN

En este artículo se presentan una serie de reflexiones en torno de la interacción entre la didáctica de las ciencias como disciplina académica y la normativa relativa a la enseñanza de las ciencias naturales en la educación obligatoria en nuestro país. Se recogen aportes recientes provenientes de la investigación en didáctica de las ciencias que desembocan en la noción de *ciencia escolar*; esta noción tiene alcances en problemas tales como la selección de los contenidos curriculares, la transposición didáctica en el aula y la formación del profesorado de ciencias. Partimos de la hipótesis de que el modelo de ciencia escolar permite una mayor articulación entre la innovación didáctica académica y la práctica real de los docentes de ciencias.

### ABSTRACT

In this paper we reflect on the interaction between didactics of science as an academic discipline and the regulations on compulsory science education in Argentina. Recent contributions from didactical research are reviewed, particularly those related to the notion of *school science*, which has influence on problems such as curriculum development, classroom communication and science teacher education. We start from the hypothesis that the model of school science permits greater integration between didactical innovation and real classroom practice.

### I. ASPECTOS PROBLEMÁTICOS QUE SURGEN EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES EN LA EGB, A PARTIR DE LA REFORMA EDUCATIVA.

La normativa curricular que rige actualmente la práctica educativa en Argentina se fundamenta por un lado en la Ley Federal de Educación, y

por otro lado, en las sugerencias expresadas a través de los CBCs (*contenidos básicos comunes*) respecto de cuáles son los posibles

contenidos a enseñar en cada ciclo escolar. Dichos contenidos están organizados de manera tal que la enseñanza de las ciencias naturales se lleve a cabo desde el inicio de la EGB (Educación General Básica), y es parte de su espíritu, expresado en la presentación, que los contenidos sean abordados de manera *espiralada*; es decir, que a medida que los alumnos avancen en su formación, vayan profundizando y resignificando las temáticas estudiadas durante los años anteriores (Ministerio de Cultura y Educación de la Nación, 1995).

Debido al proceso de descentralización educativa, cada jurisdicción debe desarrollar su propio currículo seleccionando y secuenciando los contenidos que considere más relevantes de entre los CBCs. Una lectura cuidadosa de los contenidos que aparecen en el área de ciencias naturales permite ver que es enorme la cantidad de conceptos que, en principio, podrían ser llevados al aula. En este sentido, los condicionantes del currículo dejan una brecha abierta respecto de la toma de decisiones sobre cuáles y cuántos son los contenidos relevantes.

Dichas decisiones son sumamente importantes a la hora de reflexionar sobre cuáles son los objetivos que nos proponemos para la educación científica general. Como menciona Michael Matthews (2000), la educación científica intenta promover determinadas metas generales respecto del conocimiento de lo que la ciencia es (como saber y como actividad), y de cómo este conocimiento contribuye a la formación integral del ciudadano. El mandato social, que se expresa a través de estas metas, se explicita y se operativiza en el currículo de ciencias naturales para la educación obligatoria.

De los diversos y numerosos aspectos problemáticos que plantea la normativa educativa actual, hemos seleccionado tres para este trabajo por considerarlos de gran interés teórico. Estos aspectos serán analizados aquí a la luz del modelo de *ciencia escolar*, un modelo de la didáctica de las ciencias que permite abrir líneas de investigación más cercanas a la práctica docente en el aula de ciencias naturales (Izquierdo, 1994, 2001; Sanmartí e Izquierdo, 1997; Izquierdo et al., 1999; Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999; Izquierdo y Adúriz-Bravo, en prensa). Los tres aspectos escogidos son:

1- Cuáles son los criterios de *selección de los contenidos* de las ciencias naturales y cómo se articulan estos criterios a lo largo de la EGB y del Polimodal.

2- Cómo se produce la *transposición*

*didáctica* en el aula (Chevallard, 1997); esto es, en qué condiciones se realiza la comunicación y la transferencia de los modelos de la ciencia erudita en la escuela.

3- Qué retos plantea la *formación de los docentes* que deberán encarar la enseñanza de las ciencias naturales como área, teniendo en cuenta que dicha formación es, sobre todo, disciplinar (es decir, en química, biología, física) (Galagovsky, Bonan y Adúriz-Bravo, 1998; Meinardi, 1998; Adúriz-Bravo y Meinardi, 2000). En este aspecto, es de notar que la implementación de la nueva estructura educativa argentina se realizó comenzando por la EGB y pasando luego al Polimodal; se dejó para la última instancia la formación inicial de los docentes.

La primera sección de este trabajo está dedicada a esbozar el modelo de ciencia escolar a partir de una serie de trabajos recientes que lo desarrollan, provenientes del grupo de investigación coordinado por Mercè Izquierdo en la Universidad Autónoma de Barcelona. A continuación, hay tres secciones dedicadas a revisar a la luz de este modelo los aspectos problemáticos enumerados. Por último, se plantean algunos comentarios conclusivos sobre posibles implicaciones de nuestras ideas.

## II. UN APOORTE DE LA INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS A LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES EN LA EGB.

En esta sección se introduce brevemente el modelo de ciencia escolar, que es una de las aportaciones teóricas de la didáctica de las ciencias que más fuerza está tomando en los últimos años (Izquierdo, 1994, 2001; Sanmartí e Izquierdo, 1997; Izquierdo et al., 1999; Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999; Izquierdo y Adúriz-Bravo, en prensa).

### II.1. LA INTERACCIÓN ENTRE LA INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA Y LA REALIDAD DE LAS AULAS.

La didáctica de las ciencias cuenta entre sus objetivos fundamentales la intervención en la práctica educativa; para ello hace propuestas y prescripciones diversas (Adúriz-Bravo, 1999). Sin embargo, rara vez sucede que las decisiones curriculares que se toman en la escuela se vean influenciadas por las investigaciones punteras en la didáctica de las ciencias naturales. Este hecho puede deberse a varios factores. Por ejem-

plo, los docentes tienen poco acceso a los resultados de investigación en didáctica de las ciencias debido, entre otras cosas, a que en esta disciplina académica es aún insuficiente el trabajo de divulgación. Además, los trabajos de investigación en esta área pocas veces se traducen en propuestas didácticas concretas, que apunten a facilitar la tarea de los docentes brindándoles experiencias reproducibles en el aula.

Finalmente, otro factor posiblemente sea el que las didácticas específicas constituyen áreas relativamente nuevas de producción de conocimiento, y en ellas, la mayoría de los trabajos se han remitido a señalar los errores que cometen los alumnos a pesar de haber sido instruidos (Gil-Pérez, 1994; Adúriz-Bravo, 1999), sin proporcionar herramientas eficaces para conducir la enseñanza.

Creemos que el llamado modelo de ciencia escolar constituye un intento válido de acercar la práctica profesional de los docentes de ciencias a los resultados de la investigación e innovación didáctica que están disponibles desde el ámbito académico universitario. Particularmente, debido a su fundamentación epistemológica de corte *cognitivo* (Izquierdo, 1999), que provee herramientas plausibles para conducir la actividad didáctica.

## II.2. LA CIENCIA ESCOLAR: UNA PROPUESTA UNIFICADORA DE LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS.

Uno de los aportes más recientes que surgen de la producción en didáctica de las ciencias ha sido el llamado *modelo de ciencia escolar* (Izquierdo, 1994; Izquierdo et al., 1999; Izquierdo y Adúriz-Bravo, en prensa). La importancia de dicho modelo radica en que pone el acento teórico en las *mediaciones* que se producen entre la llamada *ciencia erudita* (Chevallard, 1997) y su enseñanza en el ámbito de la escuela. Se sabe que la ciencia que circula por las aulas no puede coincidir con la ciencia de los científicos; el conocimiento científico erudito debe sufrir modificaciones adaptativas en función de determinados parámetros relevantes (entre otros: edad, contexto, finalidades, valores, transversalidad, utilidad) antes de llevarse al aula.

No se trata, en el modelo de ciencia escolar, de poner al alumno en situación de investigador o científico novel, sino de concebir la ciencia en la escuela como una actividad que comparte una

fundamentación epistemológica con la ciencia erudita, pero que al mismo tiempo tiene características propias que la diferencian (Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999). Así, pueden existir contenidos que pertenezcan al ámbito escolar y no al científico (por ejemplo, la discusión sobre qué es un *ser vivo*), y su secuenciación no será necesariamente igual a la disciplinar, sino que tendrá que hacerse en relación con un sistema didáctico que involucra a los estudiantes, los profesores, los contenidos disciplinares y el contexto escolar (institucional, áulico, grupal).

El concepto de ciencia escolar toma fuerza cuando se piensa en la educación obligatoria y en las finalidades de enseñar ciencias a todos los ciudadanos (Sanmartí e Izquierdo, 1997). Así, la ciencia escolar se define como una transposición didáctica del conocimiento científico erudito, realizada de modo tal que posibilite a los alumnos acceder a un aprendizaje que les resulte significativo, que sea cercano a su realidad (Izquierdo et al., 1999). En alguna medida, definir esta ciencia a llevar al aula se traduce en decidir qué enseñar y cómo organizar y distribuir los conocimientos a ser enseñados (Jiménez Aleixandre y Sanmartí, 1997), proceso que nos lleva necesariamente a plantear una relativa autonomía de la ciencia que circula por las aulas respecto de la de los científicos.

Por otra parte, cuando hablamos de ciencia escolar estamos hablando de ciencia, y esto nos lleva a definir qué es y cómo funciona la ciencia. La propuesta teórica que reseñamos aquí asume un *modelo cognitivo de ciencia* como el que postula el epistemólogo estadounidense Ronald Giere (1992), entre otros autores. Desde esta perspectiva, la ciencia puede ser pensada como una actividad humana cuyo conocimiento resultante se asocia a familias de *modelos* (o teorías) que dan cuenta de los diferentes fenómenos del mundo (Izquierdo, 1999, 2001). Ciertos conceptos muy generales -*energía*, por ejemplo- adquieren sentido en los modelos teóricos de cada disciplina particular; estos llamados *conceptos estructurantes* están definidos de modo que vertebran el currículo, y proveen, a su vez, criterios fundamentales de selección de los contenidos (Jiménez Aleixandre y Sanmartí, 1997).

La organización de los contenidos escolares se haría tomando como eje los conceptos estructurantes, a modo de grandes puentes transdisciplinares que permitirían estructurar el pensamiento y aprender a pensar en términos de la complejidad (Gagliardi, 1986; Sanmartí e Izquierdo, 1997). Esta meta se torna

imprescindible para el tratamiento de problemas reales, que en la escuela podrían ser abordados en el área de ciencias naturales como un todo, y no necesariamente desde cada una de las disciplinas desarticuladas.

Esta nueva ciencia a llevar a las aulas se define, entonces, en función de varios elementos: una selección reflexiva de los contenidos curriculares mínimos; el tratamiento de problemas reales (y por ende, complejos); la comunicación en el aula (Galagovsky, Bonan y Adúriz-Bravo, 1998; Jiménez Aleixandre, 1998); los modelos didácticos que se instrumentan en el aula; y, muy especialmente, los valores asociados con el perfil del ciudadano a formar (Izquierdo, 1994; Jiménez Aleixandre, 1998).

La idea central que subyace en este modelo es la de la *autonomía* de la ciencia que se enseña y aprende en la escuela (Izquierdo, 1994, 2001). Sin perder de vista el movimiento conceptual hacia la ciencia erudita, los contenidos escolares tienen originalidad y autosuficiencia, de modo de permitir un acceso escalonado hacia las formas científicas de modelización del mundo manteniéndose cercanos a las estructuras cognitivas, campos semánticos y sistemas de valores de los alumnos.

Volviendo a los tres aspectos problemáticos enumerados en la introducción, esbozaremos ahora algunas de las propuestas que surgen del modelo de ciencia escolar para encararlos.

### III. EL PROBLEMA DE LA SELECCIÓN DE LOS CONTENIDOS DE CIENCIAS.

Dado que es materialmente imposible enseñar con un mínimo de profundidad todos los contenidos que figuran en los CBCs del área de ciencias naturales en las horas escolares asignadas para ello, los docentes tendrían libertad para hacer una selección y un recorte para cada año lectivo. En la práctica, esta selección se realiza generalmente siguiendo el desarrollo presentado por un libro de texto guía, y dejando fuera del programa aquellos temas para los que sencillamente no alcanza el tiempo.

Como se ha señalado en otro trabajo (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001), para realizar la selección de los contenidos, el docente podrá estructurar la enseñanza en función de:

1- Una *secuencia lineal* de contenidos provenientes de la ciencia erudita. Así, la selec-

ción de contenidos se hace comenzando por un número reducido de temáticas, las que se van incrementando a medida que avanza la escolarización.

2- Una *visión totalizadora* de los contenidos provenientes de la ciencia erudita. La selección de contenidos se hace incluyendo una gran cantidad de información desde los primeros niveles de la EGB y se va aumentando su profundidad conceptual a medida que avanza la escolaridad. El alumno tendría algún tipo superficial de acercamiento a gran cantidad de temas científicos, y la eventual profundidad conceptual que alcance en algunos de estos temas sería proporcional a los años de escolaridad.

3- Una *ciencia escolar*, la cual involucra una selección representativa de contenidos -entendidos como productos y como procesos- provenientes de la ciencia erudita. Desde este punto de vista, la selección de contenidos consiste en un relevamiento de los conceptos estructurantes y de los modelos teóricos centrales de las disciplinas (Izquierdo, 1994, 2001; Sanmartí e Izquierdo, 1997). Esta aproximación sugiere que el alumno tendría un grado aceptable de alfabetización científica al final de la educación obligatoria, que sería parte imprescindible del bagaje cultural de un miembro cualquiera de nuestra sociedad.

El modelo de ciencia escolar, entonces, se constituye como una herramienta teórica para guiar la selección de los grandes modelos científicos eruditos que dan estructura a las disciplinas y que son más relevantes para la formación científica del ciudadano. Estos modelos son luego transpuestos en modelos científicos escolares (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001). Los modelos escolares se desarrollan finalmente en el aula integrando pensamiento, acción y lenguaje en forma armónica y coordinada (Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999; Izquierdo, 2001).

### IV. LA TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA DE LOS MODELOS CIENTÍFICOS.

La producción de modelos científicos escolares a partir de sus contrapartes eruditas es un proceso complejo de ingeniería conceptual que involucra aspectos epistémicos, comunicativos, semánticos, representacionales y retóricos, entre otros muchos (Galagovsky y A. Bravo, 2001). Revisamos algunos de estos aspectos brevemente.

#### IV.1. LA COMUNICACIÓN ENTRE EXPERTOS Y NOVATOS.

La comunicación entre profesorado y alumnado en el aula de ciencias encuentra una serie de dificultades; una de ellas está asociada a la brecha que se produce entre el *lenguaje cotidiano* (en sus aspectos sintácticos y semánticos) y el *lenguaje científico*. Hemos mencionado en un trabajo anterior (Galagovsky y col., 1998) que esta brecha conduce a desencuentros y sinsentidos en la clase. En los últimos años se está difundiendo un tipo de enseñanza de las ciencias centrado en el *aprender a hablar y a escribir ciencia*, es decir, centrado en la apropiación del lenguaje científico en un proceso gradual y contextualizado que permite compartir significados (Lemke, 1997).

Por otra parte, cada alumno construye diferentes representaciones idiosincrásicas *internas* acerca de los fenómenos del mundo natural; este mecanismo cognitivo ha sido ampliamente estudiado (Nersessian, 1992). Podemos afirmar, entonces, que la diferencia entre los modelos mentales involucrados en uno y otro extremo de la comunicación entre expertos y novatos involucra aspectos tanto representacionales como lingüísticos (semánticos y sintácticos) (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001). Los modelos conceptuales didácticos, dentro del contexto de la ciencia escolar, se constituirían en puentes cognitivos y lingüísticos entre los modelos conceptuales de la ciencia erudita y los modelos mentales del sentido común de los alumnos. La ciencia escolar, entonces, estaría enfocada en las características *retóricas* (de convencimiento) del lenguaje de los alumnos y en las características cognitivas de sus imágenes mentales, intentando acercar gradualmente ese lenguaje y esas imágenes al mundo de la ciencia erudita.

#### IV.2. LA TRANSFERENCIA DE LOS MODELOS DE LA CIENCIA ERUDITA AL AULA.

Podemos definir un *modelo científico* como una representación abstracta (externa) de un recorte teórico de la realidad, de aquello que pretendemos describir y explicar. Los modelos científicos se modifican a medida que la ciencia avanza. A lo largo de la historia de la ciencia, los modelos se suceden hacia formas cada vez más poderosas, abarcativas y útiles de explicar la realidad. Según Giere (1992), una forma en que la ciencia avanza es por el descubrimiento de nuevos aspectos de la realidad, es decir nuevos aspectos en los que nuestros modelos

pueden parecerse a la realidad. La ciencia avanza también en virtud del descubrimiento de algunos aspectos en que las semejanzas entre el modelo y la realidad no son como se creía comúnmente.

El conocimiento científico requiere establecer relaciones a partir de situaciones ideales, que se reúnen en un modelo conceptual abstracto. Dado que un modelo científico contiene la articulación de un gran número de hipótesis de alto nivel de abstracción, que normalmente están fuera del alcance de las capacidades de nuestros alumnos, y teniendo en cuenta que el lenguaje (oral o escrito) es la interfase de comunicación entre la estructura cognitiva del experto y la del novato, suelen darse entre docentes y alumnos las siguientes situaciones extremas:

1- El docente habla en un lenguaje científico, entendible por sus colegas expertos, y describe modelos científicos; en su estructura cognitiva, sus argumentos y explicaciones están relacionados y siguen el hilo de la representación científica. Los alumnos, sin embargo, reciben textos orales o escritos a los que atribuyen significaciones alternativas; es así que la interfase del lenguaje científico no permite que ellos reconstruyan una representación mental coherente con el modelo científico de referencia. En estos casos, los alumnos suelen operar desde un aprendizaje memorístico, respuestas tipo mecanizadas, definiciones en lenguaje pseudoexperto, y algoritmos de resolución de problemas, sin haber interiorizado significativamente el tema.

2- El docente realiza una transposición didáctica con intención de acercar el modelo científico a la capacidad cognitiva de los alumnos. Trata de buscar imágenes analógicas y expresarlas en un lenguaje simple; a veces, la analogía es tan simple y tan alejada del modelo científico erudito que los alumnos construyen una representación interna que no tiene punto de contacto articulado con dicho modelo, o que tiene implicancias riesgosas para la construcción de un modelo más cercano al científico.

El modelo de ciencia escolar propone un punto medio entre estas situaciones extremas, permitiendo al docente la creación de artefactos didácticos mediadores que respeten las características cognitivo-lingüísticas de los modelos internos de los alumnos y, a la vez, la estructura y formas de pensamiento y lenguaje de los modelos externos de las ciencias naturales como productos culturales específicos.

### IV.3. LOS MODELOS DIDÁCTICOS.

Una discusión vigente entre los especialistas en didáctica es el lugar que deben ocupar los modelos científicos en la enseñanza de las ciencias (Izquierdo, 1999).

En un trabajo anterior (Adúriz-Bravo y Galagovsky, 1997) definimos los modelos didácticos como re-representaciones escolares, es decir, como representaciones de los modelos científicos formuladas a través de un proceso de transposición didáctica bien formulado.

Los modelos construidos por los científicos deberían ser un punto de *llegada* y no de partida en la enseñanza de ciencias, ya que nuestros alumnos no poseen las herramientas conceptuales ni disponen de las operaciones cognitivas de los científicos que los construyeron (Meinardi, 1998; Adúriz-Bravo y Meinardi, 2000).

Los buenos modelos didácticos funcionan como facilitadores del acceso de los alumnos a los niveles más altos 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 acompañar este ascenso, es necesario que el docente haga explícitas las limitaciones de los modelos didácticos y su relación con los modelos científicos que ellos transponen (Adúriz-Bravo y Galagovsky, 1997; Meinardi, 1998; Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001).

Los modelos didácticos pueden tener en principio poco parecido con el modelo científico, como en el ejemplo que proponen Giordan y de Vecchi (1988) para explicar cómo una pequeña energía de activación puede provocar la liberación de una gran cantidad de energía en la ruptura de una unión química. En esta explicación utilizan dos pelotas unidas por un resorte que está comprimido porque un hilo sujeta las dos esferas. El corte del hilo provoca la liberación de la energía del resorte. Los autores señalan, muy pertinentemente, que en la modelización "se trata, sobre todo, de reflexionar sobre los tipos de preguntas que se quieren responder". Este modelo didáctico es una analogía parcial de la realidad. La pregunta que debería hacerse entonces el docente es: ¿qué parte de la realidad quiero explicar (analogicamente) con él? ¿Cuáles son las características que la analogía deja de lado?

### IV.4. LAS REPRESENTACIONES DIDÁCTICAS.

Debido a la ambigüedad del término *modelo didáctico*, en un trabajo anterior propusimos desglosarlo en tres tipos de representaciones externas (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001):

1- *Representaciones tecnológicas*. Son imágenes obtenidas por alguna mediación instrumental. El referente de este tipo de representación es una entidad científica, reconstruida mediante artificios tecnológicos. Ejemplos: una imagen de microscopía electrónica, un electrocardiograma, una foto satelital.

2- *Representaciones concretas*. Son representaciones asociadas a algún modelo científico en particular. Ejemplos: un dibujo de un orbital o de una célula, una maqueta de una molécula o del sistema solar.

En los dos casos anteriormente citados, un experto comprende que este tipo de representación es una simplificación del modelo científico referente; interpreta sus alcances y aplicaciones y limitaciones, sus escalas de trabajo y el grado de distancia entre la reconstrucción del modelo científico propiamente dicho y su representación concreta. Un novato, en cambio, suele aceptar este tipo de representación como la "verdad", sin comprender la naturaleza mediática de los instrumentos y de las convenciones y simplificaciones gráficas utilizadas. Este proceso de sustitución sin conciencia metacognitiva se conoce como *metonimia*.

3- *Representaciones con análogos concretos*. Son dispositivos didácticos generados especialmente para facilitar por medio de la analogación el aprendizaje de nociones abstractas. En ellos se utilizan elementos y situaciones que tienen como referente conceptos ya existentes en la estructura cognitiva de los alumnos. Dichos elementos y situaciones pueden relacionarse significativamente con los modelos conceptuales científicos cuyo aprendizaje se quiere facilitar (Galagovsky, 1993).

El uso de análogos concretos, y de las analogías en general, puede jugar un papel muy importante en la reestructuración del marco conceptual de los alumnos-novatos, a través de facilitar la comprensión y visualización de conceptos abstractos, provocar el interés por los temas nuevos, estimular al profesor-experto a tener en cuenta el conocimiento previo de los alumnos, abrir campos semánticos inexplorados, desarrollar estrategias formales de pen-

samiento. Por lo tanto, *la analogía se constituye en uno de los mecanismos privilegiados en la formulación de una ciencia escolar* (Izquierdo y Adúriz-Bravo, en prensa).

#### V. EL PROBLEMA DE LA FORMACIÓN DOCENTE.

Una de las líneas de acción prioritarias de la didáctica de las ciencias actual es la intervención en la formación docente, tanto inicial como permanente (Adúriz-Bravo, 1999). La didáctica es capaz de profesionalizar al docente otorgándole autonomía y un poder de decisión curricular teóricamente sustentado. Según Mercè Izquierdo (1994), las disciplinas tienen por referente la ciencia del científico, mientras que las "ciencias naturales" conforman un área escolar con características propias. El estudio del mundo natural y de sus fenómenos, reproducidos, recreados o complementados en el laboratorio, tiene identidad y se diferencia claramente en nuestra cultura de otros tipos de estudio. De ello se desprende que las problemáticas de enseñanza de cada una de las disciplinas científicas eruditas, por una parte, y de las ciencias naturales escolares, por otra, están en niveles diferentes. De allí la alta especificidad de la formación del docente de ciencias como profesional autónomo (Izquierdo, 2001).

La existencia de espacios curriculares para la didáctica de las ciencias naturales en la formación docente determina el lugar más adecuado para trabajar sobre el concepto de *ciencia escolar* (Galagovsky, Adúriz-Bravo y Bonan, 1998). Posibles factores de intervención serían: promover la discusión acerca de los criterios que determinan la construcción de la ciencia escolar; proponer la elaboración de unidades didácticas y su puesta a punto en el aula teniendo en cuenta los resultados de la investigación de la didáctica de las ciencias; analizar críticamente la estructura profunda de la ciencia erudita en busca de sus grandes modelos teóricos irreductibles; y adecuar estos modelos a la escuela por medio de transposiciones analógicas valiosas.

En este sentido, un modelo metacognitivo de *autorregulación* para la formación del profesorado de ciencias (Hugo, 1999) puede resultar eficaz a la hora de buscar la coherencia entre el modelo de ciencia escolar, que otorga gran autonomía al docente, y la normativa educativa vigente, que funciona a modo de *restricción* institucional.

Uno de los retos actuales para la educación

científica en Argentina (y también a nivel mundial) es lograr una interacción más efectiva entre la didáctica académica y la formación docente; ello implica generar un espacio para incorporar a los profesores a las filas de los investigadores en didáctica de las ciencias, y adecuar estas investigaciones al contexto del aula real (Porlán, 1998). La formación no sólo involucra el conocimiento de las disciplinas que componen el área, sino también cuestiones asociadas con su enseñanza, alguna de ellas mencionadas en las secciones anteriores. De esta forma, el conocimiento didáctico específico sería la componente fundamental del conocimiento profesional del profesor (Bromme, 1988).

Un tema de discusión actual es si la didáctica de cada disciplina particular debe ser considerada como un área de estudio dentro de la didáctica de las ciencias naturales, o bien, si constituye una disciplina independiente y autónoma (Adúriz-Bravo, 1999). Desde una perspectiva teórica, pueden reconocerse problemáticas comunes en la enseñanza de las distintas disciplinas. Entre ellas, pueden mencionarse los distintos niveles de organización, la concepción teleológica y vitalista de la naturaleza, las situaciones ideales versus las situaciones reales, la utilización de herramientas matemáticas para el abordaje de modelos de las ciencias naturales, los diseños experimentales y su relación con los cuerpos teóricos, las concepciones previas de origen no científico, la dificultad de comprender los órdenes de magnitud (Galagovsky, Adúriz-Bravo y Bonan, 1998). Por otra parte, la didáctica de cada disciplina adquiere una especificidad propia en relación con los contenidos de dicha disciplina.

Como esta discusión no está saldada, la integración de ambas perspectivas en el currículo de formación del profesorado de ciencias puede dar mejores resultados que una didáctica generalista o una excesivamente centrada en los contenidos conceptuales. El modelo de ciencia escolar es suficientemente versátil como para permitir la reflexión epistemológica sobre las ciencias naturales en conjunto y sobre cada disciplina específica con sus particularidades funcionales y epistémicas (Izquierdo, 2001).

#### VI. A MODO DE CONCLUSIÓN.

La existencia de una nueva normativa relativa a la enseñanza obligatoria de las ciencias naturales en nuestro país plantea una serie de

cuestiones teóricas, entre otras:

1- *Selección*. Cuáles son los contenidos científicos relevantes para la formación general y obligatoria de un ciudadano autónomo y crítico.

2- *Secuenciación*. Cómo articular la gran cantidad de contenidos científicos sugeridos en los CBCs con un tratamiento en espiral que los resignifique continuamente.

3- *Integración*. Cómo enfocar la enseñanza de conceptos y modelos de ciencias naturales de manera que se transformen en verdaderos contenidos integrados en un área y no queden estancados en una perspectiva monodisciplinar.

4- *Formación docente*. Cuál es el perfil profesional necesario para un docente del área de ciencias naturales.

5- *Qué ciencia enseñar y para qué*. Cómo compatibilizar los valores y características generales de la educación del ciudadano con la especificidad cultural y epistemológica de las ciencias naturales.

6- *Transposición*. Qué mecanismos permiten al docente de ciencias transformar la ciencia erudita para llevarla al aula. Qué elementos de la ciencia erudita deben ser respetados en este proceso. Qué rol juegan el lenguaje y la analogía en la transposición.

Frente a estos interrogantes, la didáctica de las ciencias naturales está formulando nuevos enfoques de la enseñanza. Así surge el modelo de *ciencia escolar*, que abre un fértil campo de investigación en didáctica, propiciando la selección de contenidos a partir de grandes temas estructurantes o *modelos irreductibles* (Izquierdo, 2001). La intención es que los alumnos construyan conceptos y procedimientos científicos acercando los modelos, metodologías y lenguaje del sentido común a aquellos propios de la ciencia erudita.

Uno de los más importantes problemas que queda aún sin respuesta es la forma en que se podrán articular dos áreas en desarrollo acelerado: por un lado, la investigación didáctica en ciencia escolar y sus eventuales producciones y resultados; y por otro, el desarrollo del currículo de la formación del profesorado de ciencias.

Repensar la reforma curricular en nuestro país y formular propuestas didácticas para disminuir la brecha entre la realidad del aula y la normativa institucional se torna una práctica reflexiva imprescindible, sobre todo si se tiene en cuenta que hemos importado algunos aspectos de un modelo de reforma curricular sin

revisar ciertas características propias de nuestro país, es decir, descontextualizándolo.

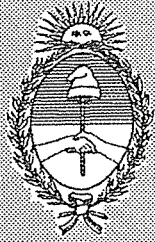
Una pregunta que podríamos hacernos es, por ejemplo, cómo van a influir dos años más de escolaridad obligatoria en un país como el nuestro, que tiene una tasa de deserción escolar relativamente alta comparada con la de Europa. Por otro lado, ¿cómo influirá sobre dicha deserción un aumento en la dificultad de los contenidos impartidos? (Meinardi, 1998). También, si consideramos que cada institución puede elegir una secuenciación de contenidos distinta dentro de un ciclo, puede darse el caso en que un alumno que cambió de escuela nunca reciba instrucción sobre un tema determinado. Teniendo en cuenta las migraciones poblacionales internas características de nuestro país (que se acrecientan con el aumento de la desocupación), este también se torna un problema relevante. Finalmente, cómo esperar que los docentes formados en una disciplina, y que no cuentan con espacios institucionales rentados para su capacitación, puedan abordar contenidos de un área que abarca al menos cuatro disciplinas distintas.

#### BIBLIOGRAFÍA.

- Adúriz-Bravo, A. (1999). *Elementos de teoría y de campo para la construcción de un análisis epistemológico de la didáctica de las ciencias*. Bellaterra: 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. *Memorias de la X Reunión Nacional de Educación en Física*, nº 105. Mar del Plata: UNMdP.
- Adúriz-Bravo, A. y Meinardi, E. (2000). Dos debates actuales en la investigación en didáctica de las ciencias experimentales. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 14:69-85.
- Bromme, R. (1988). Conocimientos profesionales de los profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), 19-29.
- Chevallard, Y. (1997). *La transposición didáctica*. Buenos Aires: Aique.
- Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurantes en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), 30-35.



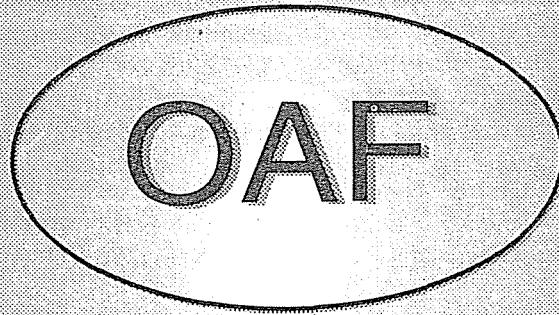
- Galagovsky, L. (1993). *Hacia un nuevo rol docente. Una propuesta diferente para el trabajo en el aula*. Buenos Aires: Troquel.
- Galagovsky, L. y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de *modelo didáctico analógico*. *Enseñanza de las Ciencias* 19(2), 231-242.
- Galagovsky, L., Adúriz-Bravo, A. y Bonan, L. (1998). Didáctica Especial y Práctica de la Enseñanza. *Actas de las Jornadas Desarrollos en Docencia Universitaria con Expocátedra*, 5. Buenos Aires: UBA.
- Galagovsky, L., Bonan, L. y Adúriz-Bravo, A. (1998). Problemas con el lenguaje científico en la escuela. Un análisis desde la observación de clases de ciencias naturales. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 315-321.
- Giere, R. (1992). *La explicación de la ciencia*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Gil-Pérez, D. (1994). Diez años de investigación en Didáctica de las Ciencias: realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 154-164.
- Giordan, A. y de Vecchi, G. (1988). *Los orígenes del saber*. Sevilla: Díada.
- Hugo, D. (1999). *Aprender a autorregularse. Compartiendo objetos y criterios de evaluación con futuros profesores de ciencias*. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.
- 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). Aportación de un modelo cognitivo de ciencia a la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 3-4.
- Izquierdo, M. (2001). Hacia una teoría de los contenidos escolares. Conferencia en el VI Congreso de Investigación en la Didáctica de las Ciencias Experimentales. Barcelona, España.
- Izquierdo, M., Espinet, M., García, M.P., Pujol, R.M. y Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 79-91.
- Izquierdo, M. y Adúriz-Bravo, A. (en prensa). Epistemological foundations of school science. *Science & Education*.
- 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. y Sanmartí N. (1997). ¿Qué ciencia enseñar?: objetivos y contenidos en la Educación Secundaria, en del Carmen, Ll. (coord.). *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.
- Jiménez Aleixandre, M.P. (1998). Diseño curricular: indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 203-216.
- Lemke, J. (1997). *Aprender a hablar ciencia*. Barcelona: Paidós.
- Matthews, M. (2000). *Time for science education*. Nueva York: Plenum.
- Meinardi, E. (1998). Debates actuales en la didáctica de las ciencias naturales y su relación con la práctica en el aula. Conferencia en las IV Jornadas Nacionales de Enseñanza de la Biología. San Juan, Argentina.
- Ministerio de Cultura y Educación de la Nación (1995). *Contenidos Básicos Comunes para la Educación General Básica*. Buenos Aires: MCEN.
- Nersessian, N. (1992). How do scientists think? Capturing the dynamics of conceptual change in science, en Giere, R. (ed.). *Cognitive models of science*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Porlán, R. (1998). Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 175-185.
- Sanmartí, N. e Izquierdo, M. (1997). Reflexiones en torno a un modelo de ciencia escolar. *Investigación en la Escuela*, 32, 51-62.



Ministerio de Educación  
de la Nación



Facultad de Matemática,  
Astronomía y Física - UNC



## OLIMPIADA ARGENTINA DE FÍSICA

**Secretaría OAF:**

Telefax: (0351) 469-9342

Correo Electrónico: [oaf@famaf.unc.edu.ar](mailto:oaf@famaf.unc.edu.ar)

Facultad de Matemática, Astronomía y Física

Ciudad Universitaria

5000 - Córdoba

Fax (alternativo): (0351) 433-4054

Correo Electrónico (alternativo): [oaffamaf@yahoo.com.ar](mailto:oaffamaf@yahoo.com.ar)

---