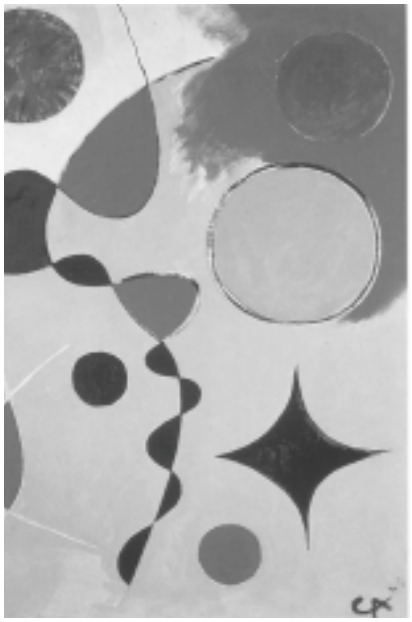
La epistemología en la formación de profesores de ciencias

Agustín Adúriz-Bravo



Alexander Calder, *Torre giratoria*, óleo sobre lienzo, 1963.

Resumen

La epistemología en la formación de profesores de ciencias

En este trabajo se reseñan algunas ideas y propuestas que son el resultado de los cuatro años de actividad del Grupo de Epistemología, Historia y Didáctica de las Ciencias Naturales (GEHyD), de la Universidad de Buenos Aires. El grupo es dirigido por el autor de este artículo y se dedica a las aportaciones de las metaciencias a la educación científica, campo conocido internacionalmente como HPS. Los resultados aquí revisados y discutidos se agrupan en producciones teóricas, empíricas y prácticas.

Résumé

L'épistémologie dans la formation des professeurs de sciences

Ce travail constitue le compte rendu de quelques idées et propositions résultat des quatre années d'activité du Groupe Épistémologie, Histoire et Didactique des Sciences Naturelles (GEHyD), de l'Université de Buenos Aires, en Argentine, dirigé par l'auteur de cet article et l'on consacre son travail aux contributions des métas sciences à l'éducation scientifique, domaine connu internationalement comme HPS. Les résultats ici révisés et examinés sont groupés dans des productions théoriques, empiriques et pratiques.

Abstract

Epistemology in science teachers formation

This work reviews some ideas and proposals which are the result of four years of activity of the Group of Epistemology, History and Didactics of Natural Sciences (GEHyD), of the University of Buenos Aires. The group is directed by the author of this article and it devotes itself to the contributions of metasciences to scientific education, field internationally known as HPS. The results reviewed and discussed are grouped into theoretical, empirical, and practical productions.

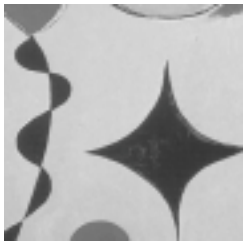
Palabras clave

Grupo de Epistemología, Historia y Didáctica de las Ciencias Naturales, epistemología, metaciencia, enseñanza de las ciencias.

Epistemology group, History and Didactics of Natural Sciences, Epistemlogy, meta-science, teaching of sciences.

La epistemología en la formación de profesores de ciencias*

Agustín Adúriz-Bravo**



Punto de partida del trabajo

El presente artículo tiene por objeto reseñar algunos aspectos centrales y caracterizadores de los cuatro años que lleva de actividad el Grupo de Epistemología, Historia y Didáctica de las Ciencias Naturales (GEHyD), dependiente del Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias, de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, en Argentina. El autor del artículo, y director del grupo, se ha dedicado a la investigación, la innovación y la docencia alrededor del tema "la formación epistemológica del profesorado de ciencias naturales", durante los últimos trece años (al respecto, véase Adúriz-Bravo, 2001; 2005b).

El GEHyD busca contribuir al escenario internacional de la didáctica de las ciencias naturales, en el área de investigación que vincula la filosofía y la historia de la ciencia con la educación científica (área conocida internacionalmente como HPS, por la expresión en inglés *history and philosophy of science & science teaching;* véase Matthews, 1994). Como grupo, estamos especialmente interesados en la línea de investigación *naturaleza de la ciencia* (en inglés NOS, por *nature of science;* véase McComas, 1998). Nuestra producción se centra en la discusión e intercambio con otros grupos académicos con intereses similares y está comenzando a ser difundida mediante presentaciones en congresos y publicaciones en revistas. Es por ello que nos resulta estratégico ponerla a consideración de los lectores de Latinoamérica para, de ese modo, lograr enriquecerla a través de la aportación y de la crítica de otros autores y autoras.

---

* Este artículo recoge reflexiones y experiencias de los cuatro años de actividades del Grupo de Epistemología, Historia y Didáctica de las Ciencias Naturales (GEHyD), a través de los proyectos financiados por la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad de Buenos Aires (Proyecto UBACyT X019) y la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica de la Argentina (Proyecto PICT 10681).

** Doctor en Didáctica de las Ciencias Experimentales. Director del Grupo 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.
E-mail: aadurizbravo@cefiec.fcen.uba.ar

El área HPS investiga las diversas contribuciones que las *metaciencias* (epistemología, historia de la ciencia y sociología de la ciencia, principalmente) pueden hacer a la educación científica formal en todos sus niveles, a la didáctica de las ciencias naturales como disciplina, a la alfabetización científica general de los ciudadanos y ciudadanas, y a la formación inicial y continuada del profesorado de ciencias naturales. En esta área se profundiza en cuestiones que se podrían agrupar en las siguientes líneas teóricas, entre otras muchas:

1. *Ideas previas y cambio conceptual.* ¿Cuáles son las ideas que las diversas poblaciones sostienen acerca del mundo natural y qué características tienen ellas desde el punto de vista epistemológico? ¿Cómo pueden esas ideas ser "cambiadas" para favorecer en los aprendices la incorporación de conceptualizaciones científicas? ¿Cómo se relacionan las ideas alternativas y los procesos de enriquecimiento conceptual que se dan en los sujetos, con los que tuvieron lugar en la comunidad científica a lo largo de la historia? (Una obra ya clásica en esta línea es Driver, Guesne y Tiberghien, 1989).

2. *Estatuto epistemológico de la didáctica.* ¿Qué tipo de disciplina es la didáctica de las ciencias naturales; en qué se parece y en qué se diferencia de otras disciplinas del ámbito de la investigación educativa? ¿Dónde se ubica la didáctica en el espacio de la *episteme* y cómo se relaciona con las ciencias naturales, la pedagogía, las metaciencias, la psicología del aprendizaje y la ciencia cognitiva, y las otras didácticas específicas? (véase Porlán, 1998; Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2003b; Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2005).

3. *Fundamentación epistemológica de la ciencia escolar.* ¿Cuáles son los procesos que concurren durante la *transposición didáctica* de los contenidos científicos eruditos para generar la ciencia escolar como objeto a enseñar? ¿Cómo se diseña un currículo de ciencias naturales epistemológicamente robusto? (Para algunas producciones recientes en esta línea, véase Acevedo, 2004; Izquierdo, 2005).

4. *Conocimiento y práctica profesional del profesorado de ciencias naturales.* ¿Qué papel cumple el componente metacientífico en el "pensamiento del profesor"? ¿Cuáles son las "epistemologías" de los profesores y las profesoras de ciencias, y cómo ellas configuran su práctica? ¿Qué hipótesis de progresión pueden plantearse en el camino de la *profesionalización* docente? (véase Martín del Pozo, Rivero y Porlán, 1997; Perafán, 2004).

5. *Naturaleza de la ciencia.* ¿Cuáles son las ideas *sobre* la ciencia que las diversas poblaciones (estudiantes, profesorado, comunidad científica, público general) más comúnmente sostienen? ¿Qué conocimientos metacientíficos serían necesarios para una educación científica de calidad? (Al respecto se pueden consultar dos excelentes compilaciones: McComas, 1998; Flick y Lederman, 2004).

El presente trabajo se sitúa en la articulación de las dos últimas líneas de interés descritas, ya que reseña la actividad del GEHyD alrededor de las problemáticas que plantea la formación inicial y continuada del profesorado de ciencias naturales en el campo curricular de la naturaleza de la ciencia (lo que hemos dado en llamar una *didáctica de la epistemología* para el profesorado: Adúriz-Bravo, 2001).

La línea NOS investiga las *imágenes de ciencia y de científico* en los diversos públicos, sus transformaciones como resultado de la intervención educativa y la participación del saber metateórico en la noción de *alfabetización científica.* Son de especial interés para la NOS las siguientes cuestiones:

1. *Imágenes de ciencia en estudiantes.* ¿Qué piensan las nuevas generaciones sobre el conocimiento científico, la actividad científica

y quienes la llevan adelante? (Driver *et al.*, 1996).

2. *Imágenes de ciencia en el profesorado.* ¿Cómo las ideas acerca de la ciencia (pensamiento de *segundo orden*) que sostienen los profesores y profesoras de ciencias naturales moldean su práctica de aula? (Lederman, 1999).

3. *Enseñanza y evaluación de la NOS.* ¿Qué propuestas son más adecuadas para enseñar la NOS dentro de la educación científica y con qué criterios pueden ser fundamentadas? (Matthews, 1994).

4. *Materiales NOS.* ¿Qué recursos hay disponibles para enseñar la NOS? ¿Qué tipo de textos, actividades y materiales concretos pueden diseñarse para un aprendizaje significativo de este contenido? (McComas, 1998).

En el GEHyD, guía nuestro trabajo la preocupación que compartimos sus integrantes por la *calidad de la alfabetización científica* de los niños y niñas, los y las adolescentes y los y las jóvenes en la Argentina y en la región. Como argumento en favor de esta motivación fundacional, la figura 1 muestra la *imagen de científico* elaborada por un niño de doce años, estudiante de una escuela privada de nivel socioeconómico alto de Buenos Aires (Argentina); la imagen, obtenida en una de nuestras intervenciones, es estereotipada y convencional, y desoculta un saber metacientífico distorsivo (Adúriz-Bravo, 2005b; Godoy *et al*., 2005).

Frente a las inquietudes que nos convocan, nos preguntamos qué puede aportar la naturaleza de la ciencia (entendida en su doble carácter de componente emergente del currículo de ciencias naturales y de la línea de investigación didáctica que reflexiona sobre ella) a una *ciencia de calidad para todos y todas.* Como respuesta a esta cuestión, en el GEHyD desarrollamos un conjunto amplio y diverso de

Figura 1. "Imagen de científico" en un estudiante varón de doce años. Se observan los estereotipos clásicos en cuanto a género, edad y etnia, y las convenciones instaladas en el imaginario colectivo: bata blanca, gafas…

actividades de reflexión, investigación, innovación, enseñanza, divulgación y evaluación. Podríamos agrupar tales actividades, para los fines de este trabajo, en tres "frentes" de acción complementarios:

1. *Producciones teóricas.* Nos interesa involucrarnos en las discusiones que se dan al interior de la línea NOS a nivel internacional, discusiones que incluyen, entre otras muchas cuestiones centrales, los intentos de dar respuesta a la pregunta: ¿qué naturaleza de la ciencia se ha de enseñar a las distintas poblaciones?, formulada desde la propia didáctica de las ciencias naturales.

2. *Producciones empíricas.* Queremos poner en marcha algunos diseños metodológicos sencillos que nos permitan valorar la efectividad de nuestras intervenciones didácticas (formales, informales, con estudiantes, con profesorado, en situación de populariza-

ción), para así mejorarlas y ajustarlas a distintas situaciones y contextos.

3. *Producciones prácticas.* Una de nuestras metas nucleares es generar una base amplia de materiales para enseñar la NOS, fundamentando esos materiales desde el corpus teórico del área HPS. Nos interesa especialmente diseñar *unidades didácticas NOS* para acercar al profesorado de ciencias naturales a estos contenidos.

Las siguientes tres secciones del trabajo están dedicadas a describir brevemente algunas de las producciones del GEHyD en estos tres frentes, indicando en cada caso algunas referencias para profundizar en la lectura.

Producciones teóricas

Buena parte de nuestros esfuerzos dentro de la dimensión teórica "pura" de la línea de investigación NOS están dedicados a participar de la discusión que se establece, a nivel internacional, acerca de cómo puede entenderse la naturaleza de la ciencia como objeto de enseñanza. Genéricamente, la NOS es considerada por la comunidad académica como un conjunto de contenidos metacientíficos, adecuadamente transpuestos, seleccionados por su valor para la educación científica (McComas, 1998).

De forma operacional, consideramos que la NOS son contenidos de la epistemología del siglo XX, ambientados en la historia de la ciencia y advertidos por la sociología de la ciencia (Adúriz-Bravo, 2005b). Esta articulación potente que proponemos entre las distintas metaciencias está ejemplificada en la actividad didáctica "El soponcio de Rosie" (figura 2). En ella, el metamodelo de *ciencia como actividad humana* (Izquierdo, 2000) se pone en acción para pensar sobre el famoso debate entre Rosalind Franklin, por un lado, y James Watson y Francis Crick, por otro, en la "carrera" por desentrañar la estructura del ADN a mediados del siglo pasado (Asúa, 2003). El triunfalismo del relato tradicional es morigerado al abordarse cuestiones álgidas acerca del tema "ciencia y género" (Álvarez, Nuño y Solsona, 2003).

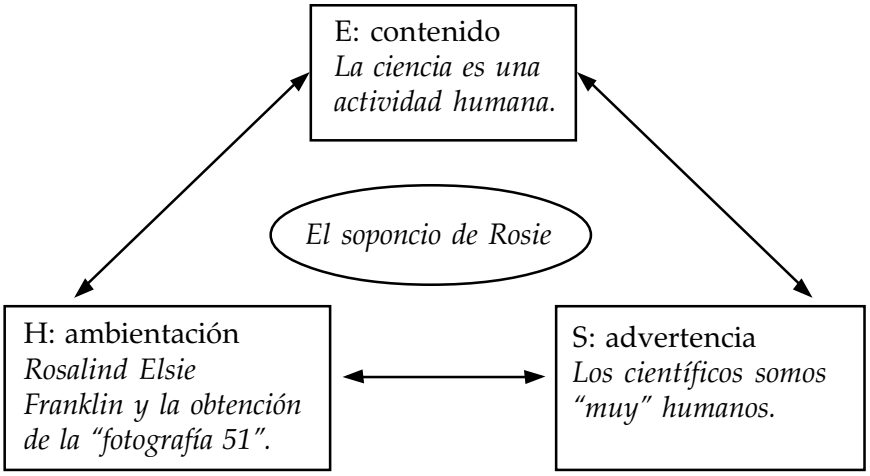


Figura 2. La actividad didáctica "El soponcio de Rosie". En ella aparecen los elementos centrales de nuestro marco teórico: una idea proveniente de la epistemología del siglo XX (E) se "ambienta" en un episodio histórico famoso (H) y, mediante aportaciones sociológicas (S), queda "advertida" contra la impronta cientificista usual.

En el contexto de este primer tipo de producciones del GEHyD, tenemos como objetivo elaborar lineamientos teóricos que ayuden a responder a la pregunta: ¿qué naturaleza de la ciencia ha de saber el profesorado de ciencias naturales? Este objetivo se ubica en la discusión actual acerca de los *tenets* ("principios"): aquello que se ha de saber sobre la NOS, aquello que el currículo debería prescribir al respecto (McComas, 1998).

Nuestro grupo sugiere, como NOS más adecuada para el profesorado de ciencias naturales, una selección ecléctica de contenidos de diversas escuelas, autores y textos de la epistemología profesionalizada (iniciada por el Círculo de Viena). Sin embargo, creemos que estos contenidos no deberían ser enseñados "tal cual son" en la disciplina académica, sino ajustándose a tres requerimientos fuertes:

1. Los contenidos NOS seleccionados para enseñar al profesorado deberían estar descentrados de sus matrices epistémicas originarias y puestos al servicio de la construcción de una imagen *realista y racionalista moderada* de la ciencia, que es la que consideramos más adecuada para la alfabetización científica (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2003a).

2. Los contenidos deberían estar profundamente transpuestos para resultar *significativos* a sus destinatarios, es decir, con el fin de habilitar a los profesores y profesoras de ciencias a "pensar" sobre la naturaleza de la ciencia.

3. Los contenidos deberían atravesar una suerte de "navaja de Occam" que intentara señalar sólo aquellos genuinamente *funcionales* para la mejora de la práctica cotidiana de enseñar ciencias naturales en las aulas.

Los diversos requerimientos que establecemos para el contenido NOS, están bien ilustrados en la actividad didáctica "El gigante de Balvanera":

1. Leemos una leyenda urbana de Buenos Aires, sobre el "gigante de Once que salva vidas" (Diario Clarín, 2005).

2. Rastreamos los orígenes del mito (la leyenda talmúdica del *Gólem*) en diversas fuentes.

3. Se nos presenta una metáfora famosa: la ciencia es como un Gólem (Collins y Pinch, 1996).

4. Establecemos el modelo analógico: pensamos en la relación entre el creador y su criatura para el caso de la ciencia.

En esta actividad recuperamos una propuesta metateórica famosa de los estudios sobre la ciencia (Collins y Pinch, 1996) y la transponemos relacionándola con realidades cercanas al público destinatario; el objeto es pensar en los *valores* implicados en la actividad científica y en temas como la responsabilidad social de la comunidad científica. El contenido NOS que queremos enseñar con la actividad proviene de los *estudios sobre la ciencia* (*science studies*), pero está ajustado a la población destinataria (profesorado): puede habilitarlos para que piensen sobre las ciencias y cambiar la forma en que dan clases.

Nuestra propuesta NOS para el profesorado de ciencias naturales en formación y en actividad apunta a examinar, con cierta profundidad, posibles respuestas a tres *preguntas estructurantes* sobre la ciencia que, a la vez, determinan tres grandes perspectivas para el análisis metateórico (Adúriz-Bravo, 2005b):

1. *¿Qué es la ciencia?* ¿En qué se diferencia de otras actividades humanas? ¿Cómo se elabora; cuál es su método? ¿Cuál es la relación de sus predicados con el mundo que pretenden representar? ¿Cuál es el grado de validez de sus afirmaciones?

2. *¿Cómo cambia la ciencia a lo largo del tiempo?* ¿Cómo se generan, aceptan y difunden las nuevas ideas en la ciencia? ¿Cómo hacen

los científicos para elegir entre marcos teóricos rivales? ¿Cuáles han sido los grandes "hitos" y "héroes" de la historia de la ciencia?

3. *¿Cómo se relaciona la ciencia con la sociedad y la cultura?* ¿Cómo influye la ciencia en la política, la economía, la religión y el arte, y es, a la vez, influida por ellos? ¿Qué relaciones pueden plantearse entre ciencia y ética?

Se ahonda críticamente en las tres perspectivas anteriores por medio de *ideas clave de naturaleza de la ciencia,* organizadas en lo que hemos dado en llamar *campos teóricos estructurantes* (Adúriz-Bravo, 2004). Hemos definido siete campos NOS:

1. *Correspondencia y racionalidad.* Tiene que ver con las relaciones entre los modelos científicos y la realidad que ellos explican, y con la validez de tales modelos.

2. *Representación y lenguajes.* Se refiere a las entidades del discurso científico (teorías, modelos, hipótesis, leyes...) y a los sistemas simbólicos utilizados en ellas.

3. *Intervención y metodologías.* Se enfoca en las variadas formas que tienen las ciencias de operar sobre el mundo para "recoger" datos (observación, experimentación, simulación...).

4. *Evolución y juicio.* Agrupa cuestiones relativas al cambio de las ciencias a lo largo del tiempo, a la idea de progreso y a las decisiones epistémicas que toman los científicos y científicas.

5. *Contextos y valores.* Remite a las relaciones ciencia-sociedad, y a las finalidades y normas sostenidas por la comunidad científica en cada momento histórico.

6. *Demarcación y estructura.* Evoca los intentos de distinguir la ciencia de otras actividades humanas y de clasificar el saber científico en disciplinas.

7. *Normatividad y recursión.* Agrupa las cuestiones relativas a la naturaleza "especial" y "única" del discurso metacientífico.

Como fortalezas de nuestro marco conceptual para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia, podemos señalar que él provee un acercamiento sistemático y teóricamente fundamentado, que, a la vez, muestra ser flexible a la hora de ser transpuesto para las diferentes poblaciones y contextos. Del lado de las debilidades, entendemos que nuestra propuesta resulta difícil de manejar para el profesorado de ciencias naturales, que tradicionalmente cuenta con una escasa formación epistemológica e histórica, y por otra parte, nos falta aún llevar adelante estudios empíricos mejor estructurados desde el punto de vista metodológico para probar la validez de nuestras ideas en el *cambio conceptual* de las imágenes de ciencia y de científico que tienen los destinatarios.

Producciones empíricas

De manera regular, desde el GEHyD realizamos intervenciones sistemáticas con *unidades NOS* en contextos de formación y cualificación del profesorado de ciencias naturales. En ocasiones hemos hecho investigaciones acotadas, de diseño "pre / post" clásico, para tener indicios de cambio en el conocimiento profesional de los participantes en las intervenciones. En esta sección narraremos brevemente un ejemplo de indagación empírica.

Hemos hecho un pequeño *estudio de casos* para ver mejoras en el profesorado que pasa por nuestras unidades didácticas; el estudio se adelantó con diecisiete futuros profesores y profesoras de biología. Al inicio, los participantes recibieron la siguiente consigna de pretest:

> Selecciona dos ideas *sobre* la ciencia que consideres importante enseñar a tus [futuros] estudiantes de secundaria. Por ejemplo: *"La ciencia tiene un método rigu-*

> *roso"*. En forma individual, por escrito y para entregar.

El análisis de los resultados de este ejercicio nos permitió detectar, en la muestra, lo que llamamos *formulaciones ingenuas,* es decir, ideas metateóricas de sentido común, poco estructuradas y con escasa referencia a modelos epistemológicos reconocibles. Señalemos tres citas textuales a modo de ejemplo. Los sujetos juzgan relevante enseñar:

> "[que la] ciencia se pone a prueba constantemente y de esa manera se asegura su mejora".

> "[la] importancia de la ciencia en general, sus métodos, su historia".

> "[a fin de que los estudiantes] entiendan la actividad científica como algo que influye en la cultura".

Tras la determinación de esta "línea de base", la intervención "remedial" consistió en una serie de actividades de lápiz y papel que insumieron unas seis horas de clase. La actividad didáctica central, "Los descubrimientos del radio" (Adúriz-Bravo, 2005a), presenta a los participantes fragmentos del filme comercial francés *Les palmes de Monsieur Schutz* (dirigido por Claude Pinoteau y estrenado en 1997), y luego propone la *resolución de problemas* alrededor de las siguientes ideas clave:

1. Los verbos "descubrir" e "inventar" tienen sentidos "de uso" que están *cargados de una imagen de ciencia particular.*

2. En general, no hay eventos de descubrimiento o de invención "con fecha y autor": la ciencia es una empresa trabajosa, colaborativa e intrincada, llena de "idas y vueltas".

Tras la intervención, los sujetos recibieron la siguiente consigna de postest:

> A la luz de lo tratado en estas [dos] clases y de la bibliografía leída, ¿cómo *valorarías* ahora tus ideas iniciales? Se puede: corregir, expandir, alterar, reemplazar, dejar igual, aclarar, criticar, etc.

El análisis de los resultados de esta segunda tarea escrita, de carácter metacognitivo, mostró que los profesores y profesoras eran ahora capaces de redactar ideas NOS elaboradas, robustas y coherentes, al menos desde lo declarativo. Observemos los siguientes ejemplos:

> "[Quisiera mostrar] a los alumnos que no hay acuerdo general sobre qué constituye el método científico".

> "La aceptación y el rechazo de una teoría son mucho más complejos que [en] el modelo de [Karl] Popper".

> "El científico no es un ser altruista, preocupado por el bien de la humanidad, sino una persona como cualquier otra, que no puede ser cien por ciento objetiva en sus observaciones y deducciones, con intereses personales de reconocimiento, prestigio o económicos".

En resumen, más allá de las limitaciones de la metodología empleada, nuestra indagación proporciona las primeras evidencias sobre las ideas clave NOS a las que fueron expuestos los sujetos: tienen la potencia para cambiar el *discurso* del profesor, sin que éste desemboque en meras repeticiones memorísticas de "lemas" utilizados durante la intervención.

Aportaciones prácticas

Nuestros diseños didácticos originales a menudo asumen la forma de lo que se llama un *tópico generativo* dentro del marco de la *enseñanza para la comprensión,* del Proyecto Cero de la Escuela de Educación de la Universidad de Harvard (Pogré y Lombardi, 2004). Hasta el momento hemos diseñado alrededor de cuarenta tópicos, organizados en unidades y secuencias didácticas, y dirigidos a la formación inicial y continuada de profesores y

profesoras para todas las disciplinas del área de ciencias naturales (física, química, biología, geología…) y para todos los niveles educativos (desde el infantil hasta el universitario).

Algunas de las ideas clave NOS que nos interesa enseñar mediante nuestros materiales se refieren a los siguientes temas: modelos y modelización; realismo y racionalismo moderados; juicio científico, con sus influencias internas y externas; ciencia, género y minorías; axiología (ciencia y valores); debates, controversias y fraudes en la actividad científica (Adúriz-Bravo, 2005b).

A modo de *epítome* o *ejemplo paradigmático* de un tópico NOS, podemos mencionar la actividad didáctica "Vampiros en Valaquia" (Adúriz-Bravo, 2005b). Esta actividad pretende enseñar el concepto epistemológico clásico de la *carga teórica de la observación* (Hanson, 1971), mediante el análisis de dos explicaciones rivales de un mismo fenómeno, el *vampirismo* clásico. Se trata de la explicación mitopoética, con sus "no-muertos", y de la explicación científica, la audaz hipótesis del bioquímico inglés David Dolphin de que los vampiros renacentistas valacos serían pacientes de una forma rarísima de porfiria, el *mal de Günther.*

Este tópico se organiza alrededor de un enigma disparador: "Si sabemos que no existen los vampiros, ¿cómo es posible que tantas personas, en tantos tiempos y lugares, hayan hablado de ellos?". Para la discusión se recurre a una variedad importante de fuentes (películas, libros, notas periodísticas, cómics, internet). En el transcurso de la reflexión metateórica se identifican distintas observaciones "cargadas de teoría" y los modelos que las tiñen.

Apuntes conclusivos

Una cuestión a resaltar es que el área HPS y la línea NOS están, a nuestro juicio, poco representadas en Latinoamérica; en este sentido, podríamos seguir hablando del "desarrollo mutuamente excluyente" de la didáctica y las metaciencias, que denunciaba Richard Duschl (1985) hace más de veinte años. Creemos que la HPS y la NOS deberían ser más y mejor estudiadas dentro de la comunidad de investigación en la didáctica de las ciencias naturales de nuestra región, con el auxilio de profesionales de otros campos: epistemólogos, historiadores de la ciencia, psicólogos cognitivos, pedagogos, científicos en actividad, educadores...

Quizá como consecuencia directa de esta "vacancia" regional, vemos que las producciones del GEHyD vienen suscitando interés y generando intercambios entre grupos de pares; desearíamos potenciar estas dinámicas. Sin embargo, nos resulta arduo hacer llegar nuestras ideas y propuestas a los foros de Europa y América del Norte, tanto por las dificultades de traducción como por el enfoque que sostenemos, más identificado con la didáctica "mediterránea".

A lo largo de nuestra actividad como grupo, reconocemos muchas limitaciones para el diseño de investigaciones con planteamientos metodológicos más "ortodoxos". Creemos que, sin renunciar completamente a la meta de emprender algunas a futuro, hemos de buscar caminos alternativos, como podría ser el establecimiento de espacios de trabajo con profesorado de ciencias *en actividad* que quiera llevar a sus aulas algunas de nuestras ideas y propuestas, y ayudar así a enriquecerlas.

Agradecimientos

A la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad de Buenos Aires (Proyecto Financiado UBACyT X019) y a la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica de la Argentina (Proyecto financiado PICT 10681), por su apoyo a las actividades del GEHyD. A los más de tres mil profesores y profesoras de ciencias de ocho países que han contribuido generosamente a nuestro crecimiento.

Referencias bibliográficas

Acevedo Díaz, J. A., 2004, "Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía", *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias,* vol. 1, núm. 1, pp. 3-16.

Adúriz-Bravo, A., 2001, *Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias,* en línea en http://www.tdx.cesca.es/TDX-1209102-142933/, Bellaterra, Servei de Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona.

_____, 2004, "Apuntes sobre la formación epistemológica de los profesores de ciencias naturales", *Pedagogía y Saberes,* núm. 21, pp. 9-19.

_____, 2005a, "Los descubrimientos del radio: una unidad didáctica para enseñar sobre la naturaleza de la ciencia a futuros profesores de ciencias naturales", en: Couso, D.; Badillo, E.; Perafán, G. A. y Adúriz-Bravo, A., comps., *Unidades didácticas en ciencias y matemáticas,* Bogotá, Magisterio, pp. 317-336.

_____, 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. e Izquierdo-Aymerich, M., 2005, "Utilising the '3P-Model' to Characterise the Discipline of Didactics of Science", *Science & Education,* vol. 14, núm. 1, pp. 29-41.

Álvarez Lires, M.; Nuño, T. y Solsona, N., 2003, *Las científicas y su historia en el aula,* Madrid, Síntesis.

Asúa, M. de, 2003, "Los tres caminos hacia la doble hélice", *Ciencia Hoy,* vol. 13, núm. 76, pp. 24-29.

Collins, H. y Pinch, T., 1996, *El Gólem: Lo que todos deberíamos saber acerca de la ciencia,* Barcelona, Crítica.

Diario Clarín, 2005, "Leyendas de Buenos Aires", en línea en http://www.clarin.com/diario/2005/03/27/laciudad/h-05001.htm, sitio visitado en mayo de 2006.

Driver, R.; Guesne, E. y Tiberghien, A., eds., 1989, *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia,* Madrid, Morata.

Driver, R.; Leach, J.; Millar, R. y Scott, P., 1996, *Young People's Images of Science,* Buckingham, Open University Press.

Duschl, R., 1985, "Science Education and Philosophy of Science: Twenty-five Years of Mutually Exclusive Development", *School Science and Mathematics,* vol. 85, núm. 7, pp. 541-555.

Flick, L. y Lederman, N., eds., 2004, *Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education,* Dordrecht, Kluwer.

Godoy, E.; Iglesias, M.; Bonan, L.; González Galli, L. y Adúriz-Bravo, A., 2005, "Las imágenes de ciencia y de científico en una propuesta de educación inclusiva para todos y todas", comunicación presentada en las *Primeras Jornadas de Educación Social "El educador social: formación, realidad laboral y retos",* Universidad de Granada, España.

Hanson, N. R., 1971, *Patrones de descubrimiento. Observación y explicación,* Madrid, Alianza.

Izquierdo-Aymerich, 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,* Alcoy, Marfil, pp. 35-64.

Izquierdo-Aymerich, M., 2005, "Hacia una teoría de los contenidos escolares", *Enseñanza de las Ciencias,* vol. 23, núm. 1, pp. 111-122.

Izquierdo-Aymerich, M. y Adúriz-Bravo, A., 2003a, "Epistemological Foundations of School Science", *Science & Education,* vol. 12, núm. 1, pp. 27-43.

Izquierdo-Aymerich, M. y Adúriz-Bravo, A., 2003b, "Relaciones de la didáctica de las ciencias naturales con otras disciplinas científicas", en: Adúriz-Bravo, A.; Perafán, G. A. y Badillo, E., comps., *Actualización en didáctica de las ciencias naturales y las matemáticas,* Bogotá, Magisterio, pp. 13-22.

Lederman, N., 1999, "Teachers' Understanding of the Nature of Science and Classroom Practice: Factors that Facilitate or Impede the Relationship", *Journal of Research in Science Teaching,* vol. 36, núm. 8, pp. 916-929.

Martín del Pozo, R.; Rivero, A. y Porlán, R., 1997, "Conocimiento profesional y epistemología de los profesores I: teoría, métodos e instrumentos", *Enseñanza de las Ciencias,* vol. 15, núm. 2, pp. 155-171.

Matthews, M., 1994, *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science,* Londres, Routledge.

McComas, W., ed., 1998, *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies,* Dordrecht, Kluwer.

Perafán, G. A., 2004, *La epistemología del profesor sobre su propio conocimiento profesional,* Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional.

Pogré, P. y Lombardi, G., 2004, *Escuelas que enseñan a pensar. Enseñanza para la comprensión. Un marco teórico para la acción,* Buenos Aires, Papers Editores.

Porlán, R., 1998, "Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias", *Enseñanza de las Ciencias,* vol. 16, núm. 1, pp. 175-186.

Referencia

Adúriz-Bravo, Agustín, "La epistemología en la formación de profesores de ciencias", *Revista Educación y Pedagogía,* Medellín, Universidad de Antioquia, Facultad de Educación, vol. XVIII, núm. 45, (mayo-agosto), 2006, pp. 25-36.

Original recibido: abril 2006
Aceptado: junio 2006

Se autoriza la reproducción del artículo citando la fuente y los créditos de los autores.