



## Tesis

**Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias****Tesis Doctoral**

*Autor:* Agustín Adúriz-Bravo

*Directora:* Mercè Izquierdo Aymerich

*Asesora:* Carmen Peme – Aranega. Universidad Nacional de Córdoba.

*Dirección:* FCEFYN. Dpto. de Enseñanza. Universidad Nacional de Córdoba.

*Fecha:* Diciembre de 2001.

*Lugar:* Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, España. Texto completo en línea: <http://www.tdx.cesca.es/TDCat-1209102-142933>

La didáctica de las ciencias recurre a la epistemología para fundamentar las ciencias naturales a fin de poder enseñarlas. Busca responder a la pregunta de qué es la ciencia abriendo un *registro epistemológico*. Pero esta pregunta fundacional, centrada en los *contenidos*, debe ser respondida por los propios profesores de ciencias; para ello es necesario que ellos aprendan epistemología. Esta tesis está fundamentada en el reconocimiento de la necesidad de una formación epistemológica del profesorado de ciencias, instrumentada de acuerdo con los valores de la didáctica de las ciencias.

La tesis está dedicada a estudiar la problemática que plantea la enseñanza de la epistemología a los profesores de ciencias. En ella, se toma la epistemología como *objeto de estudio* para intervenir en los procesos de su enseñanza, dentro del contexto de la educación científica. Definimos la didáctica de las ciencias como la disciplina tecnocientífica que estudia y transforma, por sí mismas y a través de los procesos de enseñanza y de aprendizaje, las representaciones socialmente validadas de las ciencias naturales, de sus tecnologías asociadas y de sus respectivas *metaciencias*. Esta definición amplía el objeto de estudio de la didáctica de las ciencias (las ciencias “enseñables”) para abarcar también la epistemología, pero desde la

perspectiva de la educación científica. Lo que se toma como objeto de la didáctica de las ciencias no es la epistemología académica, sino el conocimiento epistemológico como reflexión de segundo orden sobre la ciencia, indisolublemente ligada a ella, y que puede contribuir a una educación científica de calidad. Se sustenta la hipótesis de que la epistemología es una de las *componentes* de la educación científica y, por tanto, objeto de reflexión *curricular* para la didáctica de las ciencias.

Consideramos que hay dos razones fundamentales por las cuales interesa estudiar la *enseñanza* de la epistemología desde la didáctica: primeramente, para determinar cómo el conocimiento epistemológico puede mejorar la calidad de la educación científica de la población, y en segundo lugar, para saber cómo este conocimiento puede enriquecer la práctica profesional del profesorado de ciencias. Esta última razón es la privilegiada en la tesis. Nos enfrentamos a la enseñanza de la epistemología a los profesores de ciencias desde una perspectiva *didáctica*: no nos interesa tomar la epistemología como objeto académico y formar especialistas, sino que *seleccionamos* y *adaptamos* de esta disciplina aquellos elementos que, desde nuestro punto de vista, resultan más potentes

para aportar al conocimiento profesional del profesorado.

Consideramos la epistemología como una reflexión sobre las ciencias naturales que es necesaria para poder enseñarlas. La pregunta acerca de qué es la ciencia es una de las preguntas básicas de la didáctica de las ciencias. Su respuesta es capaz de influir de diversos modos en la práctica profesional de los profesores. La epistemología *fundamenta las ciencias naturales eruditas* y resulta un requisito *necesario* para poder transponerlas en objetos enseñables. Por su importancia, la epistemología se constituye a su vez como un contenido a enseñar dentro de la educación científica de la población y se introduce en el currículo de ciencias, que expresa los fines deseables para esta educación. La epistemología es una fuente de contenidos, procedimientos y valores considerados socialmente significativos y que forman parte de los currículos del sistema educativo en todos sus niveles. La introducción de la epistemología en el currículo hace necesario integrarla como dimensión en la formación del profesorado de ciencias; esta afirmación proporciona el marco para las aportaciones de nuestra tesis. La elección de esta temática nos obliga a tomar postura en el debate acerca de *cuál* es la epistemología más pertinente para los profesores de ciencias.

La desconexión tradicional entre la didáctica de las ciencias y la epistemología ha tenido durante mucho tiempo un resultado negativo en el desarrollo de nuestra disciplina, tanto en el ámbito del desarrollo curricular como en el de la formación del profesorado de ciencias. Se ha transmitido un modelo de ciencia empobrecido, en el cual no había espacio para la reflexión crítica. La línea de investigación que estudia las relaciones entre la epistemología y la educación científica ha venido a cambiar este panorama. En los últimos años se han producido trabajos enfocados en diferentes relaciones entre la epistemología y la didáctica. Sin embargo, estos trabajos son a menudo exclusivamente teóricas; existe una ausencia generalizada de propuestas prácticas. De aquí nuestro interés por rescatar en este trabajo la *práctica* en el aula de ciencias como objeto de análisis y re-

flexión. Por ello incorporamos el análisis de algunas propuestas de enseñanza de la epistemología en la educación científica.

La tesis se estructura en dos partes, dedicadas a la fundamentación teórica y a las propuestas prácticas que presentamos para el campo de la *didáctica de la epistemología*. Primero recogemos elementos que ayudan a avanzar en el debate acerca de qué epistemología enseñar. Después presentamos tres propuestas concretas para *integrar* la epistemología seleccionada en la formación del profesorado de ciencias. Nuestras ideas se ponen en acción a través del análisis de ejemplos de enseñanza de la epistemología.

La primera parte de la tesis (capítulos 1 al 7) despliega el marco conceptual que hemos venido desarrollando para la didáctica de la epistemología. Dicho marco se contextualiza en los capítulos 1, 2 y 3, que tienen por objeto situar nuestro trabajo en el panorama actual del área de las aportaciones de la epistemología a la didáctica de las ciencias. El capítulo 1 plantea la *tesis* que se sostiene en este trabajo, que está relacionada con un acercamiento epistemológico a la fundamentación de la didáctica de las ciencias. En este capítulo se presentan los objetivos específicos, los antecedentes y a la fundamentación teórica del trabajo. El capítulo 2 expone las diversas relaciones que se dan entre la didáctica de las ciencias y la epistemología, clasificadas mediante una *taxonomía*. El capítulo 3 trata el debate alrededor de *qué epistemología enseñar* a los profesores de ciencias; se hace una revisión de los estudios disponibles sobre la componente metacientífica del conocimiento profesional del profesorado de ciencias. La voluntad de producir como resultado un conjunto de criterios para introducir la epistemología en la formación del profesorado de ciencias, nos lleva a dar valor a las propuestas de enseñanza que se sustentan en objetivos similares a los nuestros. Intentamos rescatar prácticas educativas que se han diseñado con el fin de enseñar epistemología a distintas poblaciones dentro de la educación científica.

El capítulo 4 presenta las categorías que nos permiten examinar, estructurar, valorar y complementar la colección de propuestas didácticas. Tales categorías están agrupadas en tres conjuntos, que proveen información general,



curricular y de contenidos sobre cada propuesta de enseñanza de la epistemología. Queremos lograr de este modo un estudio de las propuestas que permita transferirlas a la práctica de otros profesores de ciencias y didactas de las ciencias. Nuestras categorías de análisis surgen de una revisión de los diferentes aspectos que pueden tener influencia en la enseñanza de la epistemología, recogidos de la literatura didáctica de las ciencias que se ocupa de este asunto. El sistema proporciona un primer intento de respuesta a la pregunta de qué epistemología enseñar.

El capítulo 5 desarrolla el aparato conceptual que hemos creado para proceder a la evaluación de las propuestas de enseñanza de la epistemología y al diseño de nuevas aplicaciones didácticas. Se trata de lo que hemos dado en llamar la *técnica de análisis composicional por campos teóricos estructurantes*. Dicho aparato combina aportaciones procedentes de cuatro ámbitos: el análisis estructural de las disciplinas eruditas y escolares, intentos de selección de tópicos epistemológicos con valor para la enseñanza de las ciencias, una concepción particular de las disciplinas científicas, y los lineamientos actuales de la didáctica de las ciencias.

El capítulo 6 pone en funcionamiento la maquinaria de los capítulos 4 y 5 para el análisis de propuestas escritas, que hemos seleccionado por su valor como posibles *ejemplos paradigmáticos* de enseñanza de la epistemología. Hay un primer nivel de análisis descriptivo que nos permite comparar las propuestas, mostrando dónde radicaría su valor para una formación epistemológica dirigida por los fines de la didáctica de las ciencias. Este análisis composicional nos sirve de excusa para presentar más extensamente algunos tópicos de la epistemología actual. Con estos tópicos, inspeccionamos el funcionamiento *didáctico* de los *campos teóricos estructurantes* que hemos propuesto como herramienta para organizar la enseñanza de la epistemología. Consideramos también importante realizar un análisis de la *fundamentación epistemológica* de las propuestas didácticas disponibles, examinando qué valores sustentan, a qué fuentes recurren, qué objetivos proponen, qué relaciones plantean con los contenidos de ciencias. Para nosotros, este do-

ble análisis de las propuestas de enseñanza de la epistemología, buscando sus componentes y sus fundamentos, debería formar parte de la formación del profesorado de ciencias. Desde una perspectiva profesionalizadora, el análisis epistemológico ayudaría a los profesores de ciencias a ser capaces de adaptar las propuestas disponibles usando criterios teóricos.

El capítulo 7 provee una serie de indicadores que nos permiten evaluar hasta cierto punto la validez y la utilidad de nuestras diversas ideas y propuestas. Estos indicadores se agrupan en dos niveles de discurso: el nivel *curricular* (la selección de contenidos de la epistemología para la formación del profesorado de ciencias), y el nivel *metacurricular* (la construcción del marco conceptual que se presenta en esta tesis).

La segunda parte de la tesis (capítulos 8 al 13) desarrolla tres propuestas de integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias, llamadas *aplicaciones*. Cada aplicación es entendida como un espacio temático, relevante para la educación científica, en el cual los profesores de ciencias pueden desarrollar la componente epistemológica de su conocimiento profesional. Las aplicaciones que proponemos están centradas en tres aspectos complementarios de la integración de la epistemología en el conocimiento profesional del profesorado de ciencias: 1. las ideas epistemológicas que justifican la ciencia erudita, 2. la reflexión epistemológica sobre la didáctica de las ciencias como disciplina, y 3. la fundamentación epistemológica de la *ciencia escolar*.

La elección de estas aplicaciones tiene como hilo conductor una *argumentación* que reproduce la evolución histórica de las incursiones de la didáctica de las ciencias en el campo de la epistemología. La didáctica de las ciencias es una reflexión teórica encaminada a mejorar la educación científica en todos sus aspectos. Para ello echa mano de las aportaciones de diversas disciplinas; entre ellas, la epistemología. Esta es tomada como una *fundamentación* metateórica de las ciencias, cuya participación es necesaria para realizar una reflexión didáctica sobre la educación científica. El reconocimiento de la existencia de este registro epistemológico dentro de la didáctica de las ciencias llama la atención de los didactas investigadores sobre la complejidad de este campo y desemboca en la



necesidad de hacer un análisis epistemológico interno de la disciplina. La autorreflexión epistemológica conduce al estudio de la *especificidad* que adquiere la ciencia en el particular contexto de educación.

Las aplicaciones de esta tesis utilizan la epistemología como herramienta metateórica de tres maneras diferentes para dar consistencia a los objetos de estudio de la didáctica de las ciencias, que son tanto las ciencias naturales eruditas y las ciencias naturales escolares, como el proceso de transposición didáctica que las articula. Hacemos uso de la epistemología para que los profesores de ciencias contesten, desde tres perspectivas, a la pregunta de *qué ciencia enseñar*.

La primera aplicación se basa en el recurso de las *ideas epistemológicas clave*, que proporcionan elementos para enseñar la epistemología al profesorado de ciencias, o incluso a estudiantes de primario, secundario y universidad. El capítulo 8 propone cuatro cuestiones para organizar la *agenda* del campo de la didáctica de la epistemología. Este capítulo también contiene seis ideas clave, inscritas en nuestros campos estructurantes, para la formación del profesorado de ciencias. El capítulo 9 presenta tres actividades para la enseñanza de algunos tópicos epistemológicos que consideramos importantes para los profesores de ciencias.

La segunda aplicación propone un ejemplo de análisis epistemológico de la didáctica de las ciencias, centrado en la discusión de las relaciones entre la investigación didáctica y la educación científica. Esta cuestión es encarada por medio del uso de un metamodelo *tecnocientífico* sobre el funcionamiento de nuestra disciplina. El capítulo 10 recoge los resultados de algunos trabajos recientes acerca de la epistemología de la didáctica de las ciencias. Se propone un modelo de ciencia que atiende a tres componentes (*actividad, conocimiento y discurso*) y se lo aplica a nuestra disciplina. El capítulo 11 plantea el problema epistemológico que sugerimos para la formación del profesorado de ciencias, narrando dos experiencias didácticas que llevan a la práctica las ideas de la aplicación.

La tercera aplicación expone una posible fundamentación epistemológica de la ciencia escolar con valor para la formación del profesorado de ciencias. Se utiliza un ejemplo concreto de *análisis de contenidos*, enfocado sobre el tópico de *ondas* en la física de nivel secundario. El capítulo 12 expone nuestra caracterización de la ciencia escolar y el capítulo 13 pone a disposición del profesorado de ciencias los criterios para hacer el análisis epistemológico del currículo, anclados en el ejemplo de *acústica*.

La tesis se cierra (capítulo 14) sentando algunos lineamientos generales para construir el núcleo teórico de la didáctica de la epistemología. El análisis de los ejemplos paradigmáticos nos da pie para la formulación de recomendaciones didácticas. Se deja abierto el panorama para ulteriores contribuciones en la misma línea, que complementen o modifiquen nuestro marco.

A lo largo de esta tesis se ahonda en la problemática de cuál es la epistemología más pertinente para la formación del profesorado de ciencias, cuestión que actualmente es objeto de debate dentro de la didáctica de las ciencias. En particular, se matiza la elección de la nueva filosofía de la ciencia de los años '60 como fuente epistemológica principal a la que recorren los didactas.

Nuestra tesis puede ser entendida como un *meta-análisis* de aquella rama de la didáctica de las ciencias que está ocupada de la enseñanza de la epistemología en diversos ámbitos y formas, tanto por su valor *intrínseco* como por su rol *instrumental*. Queremos tener una visión de conjunto de esta problemática y hacer avanzar la discusión con nuestros colegas. En esta tesis nos concentramos en la formación epistemológica de una población en particular, el *futuro profesorado de ciencias*. Sin embargo, creemos que nuestras aportaciones podrían ser transferidas a la componente metacientífica que hay presente en la educación científica de cualquier población: profesores de ciencias en activo y estudiantes de ciencias de primaria, secundaria y universidad.