

## ENSEÑAR CIENCIAS, UNA NUEVA CIENCIA

**IZQUIERDO, M.**

Departament de Didàctica de les Matemàtiques i de les Ciències. Universitat Autònoma de Barcelona  
merce.izquierdo@uab.cat

**Resumen.** En este artículo se propone una reflexión sobre la didáctica de las ciencias (DC) y, en consecuencia, sobre la relación entre la ciencia de los científicos<sup>1</sup> (CC) y la ciencia en la escuela, CE<sup>2</sup> (que ha de ser, esta última, una «ciencia para la vida»). Se destaca que es necesario desarrollar *conciencia profesional* y recibir una *formación específica* para que el profesor sea el diseñador de la segunda, a partir de lo que sabe de la primera. La DC, en sus diferentes modalidades, es la «ciencia del profesor» y requiere un fundamento teórico en el cual tenga un papel central la reconstrucción en términos educativos de la propia ciencia que se ha de enseñar.

**Palabras clave.** Profesionalidad docente, ciencia del profesor, disciplina.

**Summary.** This article proposes a reflection on Didactic of Science and, therefore, on the relation between the Science of Scientists and Science at school, the latter necessarily being a “science for life”. It stresses the fact that it is necessary to develop a *professional conscience* and have received *specific training* for the teacher to design the second from what he knows of the first. Didactic of Science in its different varieties is the “science of the teacher” and requires a theoretical base in which a major role must be played by the reconstruction in educational terms of the science itself being taught.

**Keywords.** Geography curriculum, problem solving, key concepts, reading of the territory, interpretation of the territory, citizenship conscience.

La ciencia hunde sus raíces en la sociedad, puesto que la hacen las personas. Progresar por presentimiento, visión e intuición. Una gran parte de los cambios que sufre a lo largo del tiempo no ha de ser considerado una mayor aproximación a una verdad absoluta sino como la modificación de los contextos culturales que la influyen.

S. Jay Gould, *biólogo*, 1983

### INTRODUCCIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE UN TÉRMINO INCOMPRENDIDO: LA DIDÁCTICA DE...

En este apartado se va a hacer una reflexión sobre el conjunto de todas las «didácticas de...». Todas ellas se ocupan de «una ciencia que se enseña» y, en conjunto, pueden llamarse didáctica de las ciencias, DC. Esta reflexión nos va a conducir a profundizar en el significado de *disciplina* y, en general, sobre lo que es (o cómo se ve) el conocimiento científico, considerado desde la perspectiva de tenerlo que enseñar. Con ello intentaremos mostrar cuál es el encuadre académico de esta nueva área del saber, que es la que corresponde a la investigación en la «docencia de... (las ciencias sociales, la matemática, la música...)» y que, por ello, debería llegar a ser lugar de encuentro de todos los *profesores «de materia»* que valoran la profesión docente y son conscientes de los problemas a los que se enfrentan<sup>3</sup>.

Para todos aquéllos que damos importancia a la edu-

cación y que la queremos al servicio de la formación de personas competentes en saber, hacer, ser y convivir, la enseñanza de las materias es un compromiso muy serio. Hemos de movernos en un espacio necesariamente fluido, en el que puedan configurarse las características individuales de nuestros alumnos a la vez que se les ofrezca la clave de acceso a los saberes que nuestra cultura ha ido configurando a lo largo de muchos siglos, que proporcionan contenido vivencial (de vidas que han sido, de las que ahora son y de las que van a poder ser), los valores que ahora proclamamos. Son estos valores, inseparables de los conocimientos pero irreducibles a ellos (porque los orientan, les dan sentido y les proporcionan problemas interesantes que los hacen evolucionar), los que van a estructurar finalmente las competencias personales de nuestros alumnos para que continúen esforzándose para construir una sociedad en la que se

## HISTORIA Y EPISTEMOLOGÍA DE LAS CIENCIAS

pueda vivir de manera plena... sea cual sea el significado que se vaya dando a esta aspiración compartida, creo, por todos los educadores.

Se ha dicho que la didáctica de las ciencias experimentales es una *disciplina emergente* (Aliberas et al., 1989). Esta afirmación, que ha recibido un amplio acuerdo a lo largo de estos años en los que todas las «didácticas de...» se han ido consolidando y que se puede extender a todas ellas, no deja de ser sorprendente, puesto que hace ya un par de siglos que se enseñan ciencias en la escuela; pero es cierto que se ha ido haciendo sin que el profesor recibiera una formación específica para ello y sin una reflexión académica sobre lo que esto implica. Y también es cierto que un malentendido arraigado (cuyo origen es difícil de identificar) actúa en el imaginario social como un barrera entre los «contenidos» y la «didáctica» y quizás es esta barrera la que se ha de ir derribando a la vez que «emerge» la nueva «ciencia del profesor de...»

Como ejemplo, pongo a consideración de los lectores dos citas de una revista cultural catalana. Nos dice una columnista, refiriéndose a una persona que ha muerto recientemente: «Portava un mestre a dins, volia que la gent entengués el que feia i tenia el do de fer fàcils conceptes aspres d'economia o de política»<sup>4</sup> (M. Mercè Roca, parlant de Ferrer i Gironés, *Omnium primavera* 2006, núm. 2, pág. 5). En la misma revista, nos dice otro colaborador: «Pel futur del català, a Magisteri, tremolo de valent... Quan facin els plans d'estudi tot es convertirà en didàctica i dependrà de qui la farà. I pot passar que molt estudiants de Magisteri tinguin un professor de Didàctica del Llenguatge sense els coneixements lingüístics necessaris...»<sup>5</sup> (Gabriel Majoral). Desde mi punto de vista, estas dos opiniones son representativas de dos escollos que nos impiden avanzar. Estos escollos son, de una parte, reconocer que la didáctica transforma los conocimientos, pero considerarla un don que algunas personas tienen y otras no; de la otra, la sospecha de que el profesor de «didáctica de...» no conoce la disciplina.

¿Se pueden poner de acuerdo estas dos opiniones? ¿Se puede *fer fàcils conceptes aspres d'economia o de política* sin saber economía o política? No. Por lo tanto, *un professor de didàctica del llenguatge sense els coneixements lingüístics necessaris* no puede ser profesor de didáctica del lenguaje. Hasta aquí, ningún problema... pero ninguna de las opiniones deja espacio para la didáctica de...: una de ellas la considera un don (y por ello, difícilmente analizable para comunicarlo a los demás) y la otra penaliza, de manera implícita, cualquier alejamiento de la disciplina cuando se profundiza en todo aquello que la hace «enseñable»... que es imprescindible para ser profesor o maestro.

Ahora bien, ¿cómo analizar las tareas intelectuales de la actividad docente si superamos la indudable cuestión de que es, además, un don? ¿Y qué significa saber lengua, o economía, o política?

En este breve artículo voy a reflexionar sobre estas dos preguntas, sin atreverme a decir que voy a responderlas. Para ello me referiré a la relación entre el profesor y la disciplina (o, en general, a los conocimientos) que enseña y al impacto que tendría sobre la tarea del profesor que éstos se liberaran de la normatividad impuesta por los programas y los exámenes oficiales. Con ello intentaré captar los rasgos esenciales de «ser profesor» y, a la vez, los de las disciplinas; y veremos que ambos aspectos se convierten en elementos cruciales del marco teórico de la DC, que se va consolidando a partir de la investigación en esta área de conocimiento.

Este marco teórico es imprescindible para la profesión docente. En él se identifican y toman sentido los problemas de la clase; gracias a él, estos problemas se formulan de tal manera que puedan dar lugar a una experimentación seria y apropiada a la tarea docente. Por ello proporciona criterios para valorar los resultados y lenguajes a fin de registrar las intervenciones docentes que han tenido éxito.

Lo que ahora necesitamos es concretar (en el apartado 2) el significado de la frase «portar un mestre a dins», que todo el mundo entiende, pero de manera tautológica; veremos si, con ello, podemos identificar los elementos esenciales de la DC. A continuación (apartado 3), reflexionaremos sobre lo que es el conocimiento científico de tal manera que las disciplinas se escapen de los programas y recuperen su vitalidad y, con ello, la indefinición que tuvieron en su origen, cuando fueron «saber emergente» en función de un proyecto humano en el cual conocer iba a la par con transformar el mundo (o las ideas). Todas las disciplinas, todos los saberes humanos se han desarrollado porque determinadas personas han sabido compartir un don que ha seducido a otros y ha necesitado de ellos para formar parte de un proyecto global de culturalización; necesitamos disciplinas «vivas», que cambian y evolucionan según las intuiciones y valores de las personas que trabajan (y trabajaron) en ellas para poder enseñarlas a los alumnos de tal manera que ellos puedan incorporarlas a sus propias vidas.

Esta manera de concebir el conocimiento, atenta a cómo emerge, se desarrolla y se aplica, nos permitirá justificar la necesidad de una «ciencia de enseñar ciencias», cuya finalidad sea diseñar la ciencia que se aprende, además de identificar alguna de las características que debe tener una teoría propia de la DC. En el apartado 4 utilizaremos estas ideas para hacer una propuesta concreta sobre lo que debería ser la ciencia escolar, que es hacia donde apunta la investigación

en DC. Como veremos, va a ser necesario combinar experiencias (disciplinares) y proyectos (multidisciplinares) sin que se establezca una diferencia radical entre unos y otros

### **LA DC, «CIENCIA DEL PROFESOR», UNA CIENCIA DEL DISEÑO DE UNA ACTIVIDAD PARA APRENDER A PENSAR DE MANERA DISCIPLINAR E INTERDISCIPLINAR**

La DC se enfrenta al reto de establecer un marco teórico en el cual los problemas de la docencia adquieran relieve y pasen a ser «visibles»; por ello, este marco ha de incorporar todo el saber profesional que han desarrollado los buenos profesores de todos los tiempos, ha de proporcionar conceptos para dar a conocer la experiencia de muchos buenos profesores (Porlán 1998). En resumen, ha de explicar lo que significa *portar un mestre a dins* y hacer, de ello, la base de su propuesta científica.

#### **¿La DC es una ciencia?**

Vamos a suponer que sí, porque tiene sus problemas propios, sus «héroes» (buenos profesores que han hecho «escuela»), sus instituciones, referencias teóricas específicas... sin que esto signifique tener que establecer fronteras y demarcaciones rígidas entre los conocimientos. Mantiene una estrecha relación con las ciencias de la educación, pero necesita de otras aportaciones; de una manera muy especial, va a nutrirse de la propia disciplina a enseñar, puesto que ha de establecer con ella una relación específica, a la vez dependiente (puesto que es lo que se ha de enseñar) y autónoma (porque la disciplina que se vive en clase no es, ni la de los libros, ni la de la universidad, ni la de los profesionales, sino la de unos alumnos que la necesitan para vivir su propia vida).

La DC se pregunta cómo contribuyen, al desarrollo global de las personas, el conjunto de conocimientos que se valoran en una sociedad concreta y que por esto se enseñan con una finalidad educativa. Si bien «saber ciencias» no garantiza sin más el desarrollo personal y social, también es cierto que la ignorancia no es un buen substrato para alcanzarlo: la creatividad, los criterios para juzgar, los valores que permiten tomar decisiones requieren una mente abierta al saber «sabio» del que vamos a hablar ampliamente en este artículo. Pero, como ya se ha dicho, el campo de trabajo, el contenido y los actores de la DC son aún mal comprendidos: en el mejor de los casos se considera que esta «ciencia del profesor» es la suma de «conocimientos científicos y conocimientos pedagógicos». Ahora bien, no se tienen en cuenta su potencial de transformación de los conocimientos científicos y que su valor educativo es debido a que también transforman a las personas y a las sociedades. Por esto la DC se hace invisible tanto para aqué-

llos que consideran (del lado de la «disciplina») que unos contenidos científicos «bien sabidos» y ganas de enseñarlos son suficientes para dar clases, y para aquéllos otros (del lado de la pedagogía) que creen que unos buenos contenidos pedagógicos y un libro de texto donde se diga lo que se ha de enseñar, también lo es.

(En general, la formación de los profesores de secundaria y de universidad adolece del primer error y la de los profesores de primaria, del segundo. La consecuencia del desarrollo de la DC ha de ser que la formación de todos los profesores se sustente sobre una base firme y específica y, con ello, mejore.)

Para quienes trabajamos e investigamos en este campo, la DC es algo muy diferente a esta suma: es la «ciencia que permite planificar y evaluar la intervención docente que estructure la mente de los alumnos al proporcionarles acceso a los Conocimientos Científicos (CC) que les ofrezcan un panorama de futuro por el que valga la pena esforzarse».

Los problemas científicos propios de la DC surgen del acto de enseñar algo, sea cual sea el contexto<sup>6</sup> o la edad de los alumnos. Es verdad que estos problemas son «transparentes» (invisibles) para una gran mayoría de profesores, puesto que la escuela se ha hecho tan normativa, tan reglamentada, y se mantiene, a la vez, tan artesanal, que todo parece transcurrir en ella según un esquema inmutable que puede ser más o menos «didáctico»<sup>7</sup> según sea la manera de desarrollar los programas que ya vienen dados por la administración educativa y los libros de texto, de manera que, finalmente, los éxitos y los fracasos de las clases se atribuyen a habilidades específicas del alumnado o del profesorado sin intentar influir en ellas mediante la formación o reflexión específicas que debería proporcionar la DC. En cambio, desde la perspectiva de la DC, la escuela puede cambiar, los métodos y contenidos de la enseñanza, también, pero no de manera arbitraria (según la moda o por pura intuición) sino planteando objetivos (por ejemplo, conseguir que los alumnos aprendan a vivir de manera creativa y generadora de vida interior desde la cual sus vivencias se abran a los demás) que puedan ser alcanzados, o no, mediante estrategias y procesos fundamentados en las nuevas ciencias, las cuales, en la actualidad, están aportando datos que enriquecen a las ciencias de la educación: del comportamiento, de la cognición, de la comunicación.

#### **La didáctica de las ciencias, una ciencia teórico-práctica**

«Portar un mestre a dins» es hacer fáciles conceptos áridos y esto ocurre cuando quien explica estos conocimientos sabe aplicar lo que sabe a la propia vida y, por ello, a la de sus audiencias. ¿Cuál es «el truco»?

## HISTORIA Y EPISTEMOLOGÍA DE LAS CIENCIAS

No es fácil encontrar la receta para este maravilloso don. Lo que sí que es obvio es que la ciencia que intenta acceder a «él y extenderlo es una ciencia práctica: sus teorías (como las de la mayoría de las ciencias) son para intervenir en las personas, en los grupos, en las sociedades.

Es importante destacar que la propia disciplina que se ha de enseñar contiene ya una gran dosis de sabiduría didáctica, puesto que, tal como indica su nombre, se ha configurado *para el discípulo*. Pero creo que este objetivo inicial se ha ido olvidando al irse consolidando un único perfil de «discípulo» para determinadas profesiones, con lo cual los contenidos disciplinares han pasado a ser normativos y han dejado de estar en manos del profesor... la función del cual, en este caso, empieza a difuminarse. En efecto, las disciplinas se gestaron en la universidad a partir de conocimientos más amplios, que fueron seleccionados y estructurados con intención didáctica para formar a los estudiantes que se iban a incorporar a una determinada profesión (o a la investigación de problemas que la propia disciplina iba identificando, que ampliaban la disciplina y los contenidos de la enseñanza); algunas han desaparecido y han ido apareciendo otras. Pero lo que ahora nos planteamos, lo que ahora hace que la DC sea necesaria, es que «*el discípulo*» no queda prefigurado en un solo perfil, ni los conocimientos a enseñar se ajustan a una única disciplina. Al querer enseñar a todos haciendo que desarrollen una *actividad científica escolar* en la cual emerja el conocimiento, es cuando la DC adquiere su pleno sentido y se hace visible y necesaria.

La DC será, pues, una «manera de mirar» las ciencias para identificar lo que tienen de educativo para unos alumnos específicos. Pero esta mirada sobre la disciplina ha de ser amplia para considerar sus aplicaciones en diferentes profesiones, su pasado y su futuro, sus aportaciones a otras disciplinas, sus preguntas con respuestas validadas, sus problemas sin resolver, sus héroes... y no sólo la formación normativa que ofrece a especialistas que acaba dando lugar a un programa de estudio y a unos libros que automáticamente se confunden con ella y, así, reducen su significado a lo que ellos «dicen». Porque –y esto es lo más relevante– para la DC «los contenidos a enseñar» no están predeterminados ni en un libro ni en un programa (por más que ambos tengan una importante función en la enseñanza) sino que han de configurarse pensando en las finalidades educativas que se persiguen para las personas a las cuales se dirige el profesor. «Aprender más» queda subordinado al «modelo de persona/ciudadano» que se pretenda, según sea el modelo de sociedad al que se aspire. Por ejemplo, puede corresponder a un alumno enciclopédico (caracterizado por los libros que ha aprendido) o a un alumno competente en pensamiento científico, creativo (caracterizado por lo que sabe hacer y que no reproduce conduc-

tas estereotipadas). La formación del primero está más pautada por la tradición docente actual que, al fijar los libros a aprender, tiende a homogeneizar los resultados; la del segundo es la que requiere «portar un mestre a dins», criterio didáctico y libertad para tomar iniciativas adaptadas a los diferentes perfiles de alumnos, tendiendo así a una sociedad en la cual se valore la diversidad.

Los objetivos educativos, «prácticos» (que deberán ser enunciados de manera explícita previamente a toda propuesta docente), proporcionan «problemas científicos» a la DC, que han de resolverse moldeando los conocimientos de una determinada manera y transformando las ideas y los comportamientos de los alumnos. Sin estos objetivos, aunque se dominen los conocimientos, la DC desaparece como ciencia y queda sólo como un maquillaje «didáctico» de los contenidos normativos que los hace más o menos apetecibles o como un «cocinado previo» que los hace más o menos asimilables.

Estas reflexiones nos permiten situar la DC en el conjunto de ciencias (o conocimientos, o disciplinas) teórico-prácticas o, más exactamente, en el de las «ciencias del diseño».

### Las didácticas específicas (DC) son ciencias del diseño de la actividad científica escolar

Hemos definido la DC como «la ciencia del profesor de ciencias (de geografía, de economía, de filosofía, de química, de plástica...)» que se ocupa de identificar todo aquello que hace que una acción docente pueda llevarse a cabo en un determinado contexto. Es, por lo tanto, una «ciencia del diseño» y, como tal, se parece a la ingeniería o a la medicina; sus problemas (relacionados con la formación intelectual y humana de todas las personas) son, como los de estas ciencias, complejos, y han de ser resueltos con aportaciones de las disciplinas que aporten significado a la tarea del diseñador (el profesor, en nuestro caso) (Estany e Izquierdo, 2001). También la ingeniería o la medicina se alimentan de otras ciencias; como en ellas, la dimensión teórica de la DC tiene un importante componente práctico que la convierte en algo más que una suma de conocimientos procedentes de otras disciplinas y técnicas.

La DC diseña innovaciones (puesto que no puede «experimentar» con las personas que se están formando, como tampoco pueden hacerlo los médicos o ingenieros en sus intervenciones) y a partir de ellas se configuran y se desarrollan sus teorías. Sin embargo, la universidad subvalora ahora la innovación frente a la investigación experimental en los laboratorios. Y, si bien la ingeniería y la medicina ya no se ven afectadas por ello, debido a su importancia social, no pasa lo mismo con la DC, quizás porque continúa siendo

## HISTORIA Y EPISTEMOLOGÍA DE LAS CIENCIAS

«emergente» y necesitamos justificar que una ciencia del diseño no es tan diferente de las otras ciencias y, en todo caso, no es inferior a ellas.

Las ciencias sociales y la filosofía de la ciencia post-khuniiana han puesto en evidencia los diferentes contextos en los que se desarrolla la actividad científica, la importancia de todos ellos y la necesidad de tenerlos en cuenta para captar el significado de sus entidades teóricas, que son «*para hacer algo en el mundo*». Con todo ello se comprende ahora mucho mejor lo que tienen en común todos los conocimientos humanos y que la raíz de todos ellos se encuentra tanto en el «mundo que se quiere conocer» como en la capacidad humana de plantear preguntas y de establecer metas de manera creativa; es decir, que no son simplemente «verdades sobre el mundo» descubiertas por una experimentación objetiva, sino el resultado de un proyecto con una finalidad concreta, guiado y evaluado según criterios compartidos que se revisan y transforman a lo largo del tiempo y que apuntan hacia algo que «va a ser mejor». De hecho, también las «ciencias duras» (como la física) cuyas teorías se desarrollan en los laboratorios según métodos aparentemente rígidos y validados son «blandas» y tentativas en sus fronteras, precisamente en los temas que, por ello, son los más interesantes (Echeverría, 1995).

Debido a todo ello, se ha desdibujado la frontera entre las ciencias experimentales y las ciencias sociales y humanas, aunque de una manera aún confusa, que no ha favorecido a las experimentales (las cuales continúan aferradas a un positivismo que las desmerece porque las convierte en meras descripciones de un mundo que ya se supone conocido casi en su totalidad, ya sin sorpresas) y que quizás está perjudicando a las otras (obligándolas a someterse a una metodología experimental y a expresarse con unos lenguajes con los que quizás pierden sus matices e intuiciones genuinos).

La distancia entre la investigación y la innovación que se lleva a cabo con un enfoque teórico disminuye; consideramos que todos los conocimientos avanzan tanteando su entorno para comprenderlo al intervenir en él según un proyecto humano abierto al futuro y, por ello, a la sorpresa de algo que está «por-venir».

Afirmar que la DC es una ciencia del diseño que avanza gracias a innovaciones evaluadas y no gracias a experimentos no le resta valor científico. Al tener en cuenta la diversidad de situaciones en las cuales emergen, se aplican o se modifican los conocimientos científicos, la DC dispone de más recursos para el diseño de lo que ha de ser una ciencia viva, que, en la escuela, se forja en el seno de la actividad científica escolar (ACE) que diseña el profesor. Éste es su proyecto específico de diseño: una ciencia que se ofrece como proyecto humano de intervención en el mundo gracias al cual se educa la propia persona que lo elabora.

**La actividad científica escolar (ACE)**

La DC, en una escuela que enseña a tomar decisiones, que apueste por los conocimientos que van a ayudar a los alumnos a crecer «a hombros de gigantes»<sup>8</sup>, ha de contribuir a recuperar, para la clase, el «punto cero» donde el conocimiento brota como respuesta a una buena pregunta y suscita conexiones significativas con las ideas básicas de un currículo bien planteado y los nuevos lenguajes que las sustentan. He aquí la pirueta que los profesores nos vemos obligados a hacer y que proponemos como consecuencia de nuestra reflexión: hemos de generar actividad científica con un objetivo y una motivación adecuados a quienes van a impulsarla, que son los propios alumnos, para que emerjan conocimientos que serán, a la vez, disciplinares y personales. (Izquierdo et al., 1999).

La recomendación de diferenciar entre conocimientos declarativos, procedimentales y actitudinales para tener en cuenta todas las dimensiones del conocimiento (en la LOGSE) fue ya un primer paso hacia un conocimiento escolar menos libresco y más reflexivo de lo que había sido tradicionalmente. Los tres, a la vez, son necesarios para que haya «actividad científica»<sup>9</sup>. Las acciones docentes exitosas (que la DC recuerda y analiza) serán las que consigan enseñar a *pensar al intervenir en el mundo* y, con ello, a *decidir*, desencadenando una *actividad científica escolar* en la cual procedimientos, actitudes e ideas vayan a la una.

La dificultad es grande. No se trata de plantear la clase de la manera más entretenida posible a fin de que todos los alumnos puedan llegar a «tragarse la píldora de lo que se ha de saber», sino de alcanzar dos objetivos: estructurar las mentes («amueblarlas») al adquirir conocimientos básicos; y formar las conciencias, para que la adquisición de conocimientos científicos vaya a la par con la identificación de metas (humanas) que proporcionen un futuro tanto para los alumnos como para las propias ciencias. Si los alumnos han de aprender a «vivir», han de comprender que la actividad científica no es, por ella misma, ni buena, ni mala, ni neutra<sup>10</sup>, pero que las personas somos capaces tanto de razonar como de valorar. La principal misión de la escuela es enseñar a andar por este camino, para lo cual las disciplinas son imprescindibles, pero no son suficientes (González et al., 1996).

Conviene ahora consolidar este modelo de conocimiento escolar, dinámico, moderadamente racional (porque no se fundamenta sólo en la lógica, ver Kuhn, 1979, Toulmin, 1977 y Newton Smith, 1987, entre muchos otros) y razonable (porque puede ser justificado por los alumnos), que difumina la distancia entre las ciencias duras y blandas pero que establece una diferencia radical entre lo que se aprende

## HISTORIA Y EPISTEMOLOGÍA DE LAS CIENCIAS

de memoria y lo que se razona, y que puede aplicarse tanto a los CC como a los escolares.

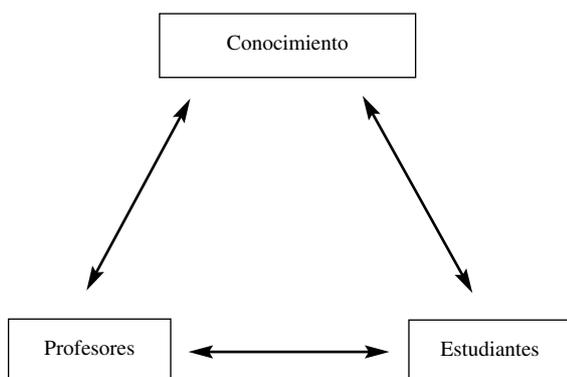
La filosofía de la ciencia, que se ocupa de los juicios de los científicos (epistemología), de lo que hacen (praxeología) y de los valores con los cuales valoran sus acciones (axiología), y las ciencias cognitivas, que se ocupan de la emergencia y elaboración del conocimiento humano, pueden aportar ideas útiles para que el diseño de la ACE forme parte del núcleo teórico de la DC. Con ello queremos salir al paso del supuesto antagonismo entre «dominar la disciplina» y la «didáctica de...» al que nos referíamos en la introducción (Izquierdo y Adúriz, 2003).

### LOS MODELOS TEÓRICOS DE LAS CIENCIAS, DESDE LA PERSPECTIVA DE LA DC. LA INVESTIGACIÓN EN DC

La DC es la ciencia del diseño de conocimiento disciplinar que educa y provoca que se pueda aprender; por ello, elabora «conocimiento del conocimiento». Para emprender tan ardua tarea se fundamenta en lo que tienen en común todas las ciencias que perduran a lo largo del tiempo: comunicar a los jóvenes lo que se considera básico para que, llegado el momento, la actividad propia de la disciplina pueda continuar desarrollándose. Desde esta perspectiva, todo conocimiento disciplinar es el resultado de una actividad de enseñanza y de aprendizaje, que se lleva a cabo en un sistema didáctico cuyo dinamismo consiste en la interacción entre los tres elementos del sistema, el alumno, el profesor y el conocimiento, que es también uno de los elementos que *cambian* como resultado de la interacción: se modifica y se reconstruye en el proceso de enseñar y aprender y en función de los objetivos docentes (Fig. 1).

Figura 1

El sistema didáctico, cuyos elementos son los profesores, los estudiantes y los conocimientos, los cuales interactúan y cambian.



Este planteamiento, que es fácil de aceptar cuando se piensa en una disciplina que se va estructurando a lo

largo del tiempo, se olvida cuando se piensa en las disciplinas que se enseñan en la escuela. En este caso, se admite que el alumno va a cambiar como resultado de una clase en la cual el profesor es el mediador entre los conocimientos y el alumnado (la pedagogía y la psicología se han ocupado de este cambio ampliamente) pero no se cuenta con que tanto el profesor como el conocimiento cambian también como resultado de la interacción.

Esta fluidez del conocimiento en el proceso de «enseñar y aprender» es lo más atractivo de la tarea de un profesor, pero es a la vez una de las principales dificultades al intentar reflexionar sobre todo ello a la manera académica, según la cual se valoran los conceptos que estructuran de manera rígida el conocimiento y que lo disciplinan, en el mal sentido de la palabra. Pero, si recordamos la reflexión que acabamos de hacer sobre las disciplinas, vemos que todo conocimiento científico está abierto a la novedad del futuro y que, debido a esto, evoluciona y cambia; y precisamente este futuro es también el de nuestros alumnos, que se educan para participar en él.

No debería haber ningún problema en aceptar que los alumnos han de vivir las preguntas y las respuestas a su aire, según las posibilidades que se vayan gestando en la clase, ya que para ellos, la ciencia siempre es descubrimiento, nuevas relaciones, un nuevo «eureka». Con ello, y contra lo que podría parecer a algunos, se conecta con lo que son las disciplinas; todas ellas han tenido una historia, ninguna de ellas ha existido desde siempre ni va a durar para siempre jamás, todas avanzan a tientas explorando una «tierra de nadie» mediante conceptos que empiezan siendo metafóricos y que se van endureciendo a medida que dejan de conectarse con las preguntas de investigación y quedan, por ello, relegadas a los libros de texto. Esta historia muestra que el fundamento de sus argumentos justificativos es tanto social como experimental y que siempre ha dependido de valores sociales, que evolucionan. ¿Reblandece esto a las ciencias? Creo que no; al contrario, nos las muestra de manera más ajustada a lo que son. Cuando se trata de educar para ser «uno mismo y para vivir con los otros» aprendiendo lo esencial de las disciplinas, es imprescindible rescatar esta dimensión que las hace humanas a todas sin excepción y las incorpora a la «historia de la ciencia» personal de cada alumno.

A la DC le interesa mucho poder decir algo sobre estas características, quizás blandas pero indudablemente sabias, de las disciplinas que se aprenden al construirse en clase junto con valores y aspiraciones personales. Se considera responsable de mostrar la posibilidad de un conocimiento que, siendo ajeno a una objetivación derivada de un «logos» prefijado y excluyente, se constituya junto con otros en paradigma de una «complejidad» que tenga en cuenta la diversidad de miradas propia de un conocimiento que

ahora se quiere que sea de todos y para todos y, principalmente, para la vida (y, recordémoslo, esto es una novedad que casi se puede considerar «fundacional» en la DC) (Pujol y Bonil, 2005).

Al mismo tiempo tendremos que reconocer que ha sido la propia enseñanza la que, a medida que se ha institucionalizado y ha sido utilizada para seleccionar grupos de alumnos en función de unas supuestas capacidades, ha transformado los conceptos que nacieron para comprender (y que fueron en su origen metafóricos, en gran parte) en «verdades» que van a resultar inaccesibles a los no-seleccionados porque se enuncian mediante términos especializados. Va a ser también una tarea propia de la DC desenmascarar estos procesos de ocultación del sentido por el puritanismo de las palabras (los «*concepts aspres d'economia o de política*»), identificando su origen, para evitar que proliferen en los planes de estudio, aunque no podemos ocuparnos de ella ahora y aquí.

### **La ciencia, desde las ciencias cognitivas. Un concepto semántico de teoría científica para la actividad escolar (ACE)**

El conocimiento científico ha de ser, para el alumno, teórico y práctico a la vez y desarrollarse según una finalidad que lo hace racional, no sólo para los científicos, sino también para él. Para ello se requiere un concepto de teoría científica que sea suficientemente amplio para poder aplicarse a todo conocimiento humano, incluido el que emerge en la clase.

A muchos les parece que la afirmación de que las ciencias son teóricas afecta más a las llamadas «ciencias duras» (las que se ocupan del mundo físico-químico y biológico desde un punto de vista experimental y supuestamente objetivo) que a las otras y, en efecto, la filosofía de la ciencia se ocupó de una manera preferente de las teorías de la física, justificándolas por la correspondencia entre los términos teóricos y los experimentales según los postulados del positivismo lógico (Hempel, 1969). Sin embargo, a medida que el término *ciencia* se ha ido ampliando al aplicarse a las «ciencias sociales» y que el estudio de la ciencia se ha enriquecido mediante la historia, la lingüística y la sociología, el concepto de teoría científica lo ha hecho también. Y, ahora, las aportaciones de las ciencias cognitivas<sup>11</sup> permiten comprender mucho mejor que todas las teorías científicas son conjuntos de «modelos teóricos» con los cuales se interpretan grupos de fenómenos. Destacan que «*pensar mediante modelos*» que son representaciones abstractas de conjuntos de situaciones similares en las cuales se actúa y sobre las que se puede discutir, es una característica común a todo «conocer», tanto el cotidiano como el científico. Los modelos son el fruto tanto del pensamiento abstracto, que construye una representación del mundo adecuada

para poder intervenir en él, como de un diálogo entre especialistas o de personas que se ocupan de una misma problemática que da lugar a «maneras de hacer» y a lenguajes normativos..., pero que evolucionan. «Construir modelos» es, pues, una actividad a la que todos tienen acceso y los modelos científicos no son, por lo tanto, una «verdad» que se deduce directamente a partir de los datos experimentales.

¿Qué son las teorías científicas que tanto alarman a nuestros alumnos? No son fórmulas ni términos incomprensibles. Son conjuntos de modelos similares entre ellos y que, cada uno, se relaciona con grupos de fenómenos que también son similares, al ser «mirados» según un mismo enfoque. Así, el significado de las teorías (su «semántica») no puede captarse sin tener en cuenta el «mundo» al que se refieren y las intervenciones y los lenguajes con los cuales éste se transforma, como resultado de «conocerlo», que están íntimamente relacionados a los valores culturales y no únicamente (aunque también) a los epistémicos.

Este enfoque cognitivo de la ciencia, que destaca y valora los aspectos semánticos de las teorías científicas (Giere, 1988), resulta muy apropiado para completar las consideraciones que se han hecho hasta ahora sobre las características de «actividad» de los saberes teóricos que se enseñan: en efecto, lo que interesa transmitir a los alumnos es este «modelo teórico» que da significado a los hechos, y no los conceptos, lenguajes o hechos ya interpretados. Un aspecto importante de este modelo es que puede aplicarse tanto el cotidiano como el científico. En este «conocer» intervienen diferentes dimensiones de la cognición, irreducibles unas a las otras, que dan lugar a diferentes tipos de conocimientos, todos ellos necesarios. Según Guidoni (1985) y muchas otras aportaciones que se han hecho en DC siguiendo esta pista (podemos incluir también las recomendaciones de la LOGSE), vamos a quedarnos con tres: el *pensamiento* (construir ideas que son representaciones del mundo), la *actuación* (experimentar) y el *lenguaje* (comunicar). *Los modelos teóricos* tienen también estas tres dimensiones, irreducibles.

Es conveniente recordar que las diferentes ciencias «miran el mundo» de una determinada manera (que Kuhn llamó «matriz disciplinar»), por lo cual seleccionan determinados «problemas» y dejan que otros fenómenos queden como «cajas negras» que son investigadas desde otras disciplinas. Sus modelos son similares unos a otros, porque todos corresponden a una misma perspectiva disciplinar y, junto con los fenómenos que interpretan, constituyen teorías que, por todo ello, tienen significado por lo que se representa, se hace y de dice mediante los modelos, que son *teóricos* porque se configuran como conjuntos de ideas que se expresan mediante las mismas entidades abstractas.

## HISTORIA Y EPISTEMOLOGÍA DE LAS CIENCIAS

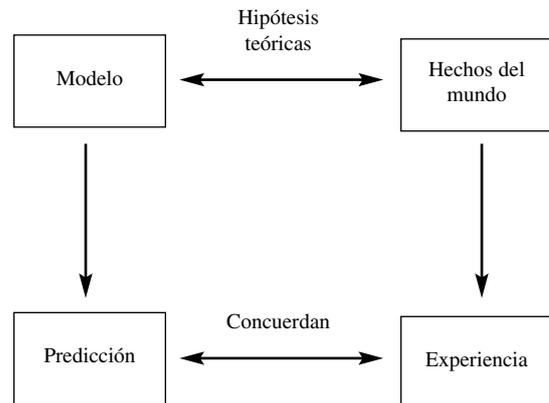
Como todos los modelos, los modelos teóricos de las ciencias simplifican la realidad para poder actuar sobre ella, pero no lo hacen de manera arbitraria; los criterios para fijar la atención en algunos de los aspectos de los fenómenos –y dejar de lado otros– dependen del objetivo y de los valores; y, por tanto, de la pregunta que se formule<sup>12</sup> y del sistema de evaluación de los resultados.

Enseñar ciencias es enseñar a pensar de manera teórica y para ello este concepto de *teoría* resulta muy adecuado, puesto que destaca algo muy importante: que las teorías son para comprender el funcionamiento del mundo y que nunca la supuesta «verdad» o «rigor» de una teoría ha de hacer más opaca nuestra relación con los fenómenos. Los *modelos teóricos son para comprender mejor lo que pasa* cuando se actúa según un proyecto de intervención que da lugar a preguntas que se responden tal como corresponde a la cognición humana, conectando las ideas, las experiencias y los lenguajes, y valorando los resultados tal como corresponde a una actividad humana que se lleva a cabo en una comunidad (científica escolar, en el caso de las ciencias, en la enseñanza).

Por ello las teorías científicas, en el diseño de la ACE, no pueden formularse como axiomas o verdades (que no tendrían sentido para los alumnos puesto que no forman parte de la comunidad científica), sino como *un conjunto de «casos» que han sido bien resueltos y que por ello son ejemplares*. Todos pueden ser representados igual y formularse de manera que sea lo más abstracta posible, sin dejar de ser inteligible para los alumnos. Pueden ser una maqueta, un dibujo, un hecho ejemplar. Las entidades abstractas, como, por ejemplo, átomos, células, fuerzas o PIB son imprescindibles para relacionar entre sí las intervenciones experimentales y comunicar los resultados de manera comprensiva y pueden presentarse de manera simple, destacando sólo lo esencial para que resulten explicativos.

En la figura 2 se muestra el proceso de hacer encajar los modelos y los hechos del mundo gracias a la formulación de hipótesis teóricas que se contrastan con los resultados experimentales. Pero, tal como se indica en la figura 3, los modelos pueden definirse de muchas maneras diferentes; por eso es posible adecuarlos a una «escuela para todos» sin que la propuesta docente deje de ser teórica y abstracta y, por tanto, seria y rigurosa como sea posible para conseguir que esta *comprensión del mundo al intervenir en él* (que consiste en ideas, acciones, lenguajes y, sobre todo, valores que dan sentido a lo que se quiere conocer) se alcance también en clase. Para ello han de permitir que los alumnos actúen con la máxima autonomía posible frente a las situaciones experimentales que se les propone.

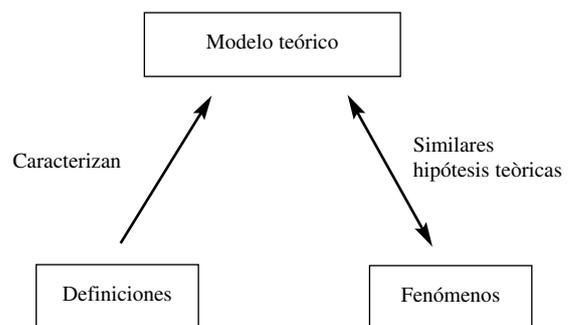
Figura 2  
Proceso de construcción de las ciencias, según el modelo cognitivo de ciencia de R.N. Giere (1988) que se aplica a la emergencia de conocimiento en el aprendizaje.



Si no hay ningún otro modelo y se cumplen experimentalmente las previsiones, los hechos del mundo que se están explorando encajan en el modelo.

Vemos, pues, que se va cerrando el círculo: si la tradición docente nos hacía ver que para educar se ha de desarrollar actividad científica escolar, y la filosofía de la ciencia, junto con las ciencias cognitivas, destaca el pensamiento teórico como la característica principal de las ciencias, sólo ha sido necesario incorporar el concepto semántico de teoría científica a la ciencia escolar para que también el pensamiento abstracto esté al alcance de todos, aunque no se exprese o defina de la misma manera.

Figura 3  
Un modelo teórico, según Giere.



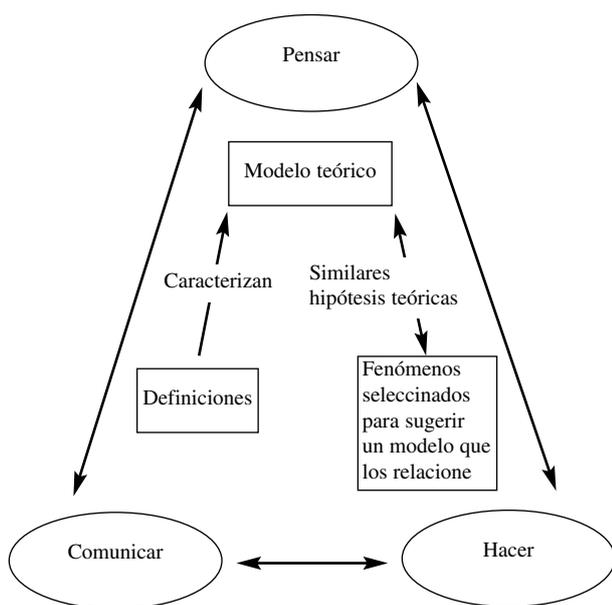
El diseño de la actividad científica escolar ha de consistir en montar un escenario (una situación determinada, significativa para los alumnos) en el cual tengan sentido las principales preguntas que están en el corazón de las disciplinas así como las «reglas del juego» para contestarlas, porque facilitan una representación abstracta de la situación inicial en la cual se ponen en juego diversos sistemas de valores que van a permitir evaluar la actividad. Además, ha de proporcionar itinerarios para el proceso de modeliza-

## HISTORIA Y EPISTEMOLOGÍA DE LAS CIENCIAS

ción (consistente en pensar, hacer y comunicar), que ha de culminar en el establecimiento de conceptos, términos y habilidades *correspondientes a la matriz disciplinar que el escenario ha recreado para los alumnos*.

El esquema siguiente nos muestra el proceso de modelización en la ciencia escolar, en el cual se van ajustando las conexiones entre lo que se piensa, lo que se dice y lo que se hace mediante una argumentación en clase que vaya introduciendo la perspectiva propia de los modelos teóricos y de los lenguajes disciplinares (Fig. 4).

Figura. 4  
Un modelo teórico en la ACE.



### La investigación en DC

Estas mismas ideas abren el camino para configurar los modelos teóricos de la DC sin que haya sido necesario disponer de antemano de una teoría didáctica que podría parecer desprovista de contenido sin ellos. Pero, para ello, la DC necesita que los profesores sean conscientes de que su profesión no es como una cadena de montaje en la que se van añadiendo piezas que transportan a la mente de los jóvenes los conocimientos que necesitan. El conocimiento humano es tal como lo hemos presentado aquí, no está formado por piezas y es esencialmente creativo, fundamentado en valores que aspiran a construir una sociedad en la que se pueda vivir de una manera plena (sea cual sea el significado que se dé a esta aspiración). Por ello, un profesor-montador no existe o, visto desde otra perspectiva, si existiera, lo que no tendría lugar como disciplina universitaria con un

ámbito propio de investigación sería la DC, puesto que no tendría problemas ni, por lo tanto, investigación. Por esto el compromiso entre los profesores y la DC es (ha de ser) estrecho, para que el conocimiento profesional de los profesores y el que se derive de la investigación en la DC se afiancen mutuamente: los profesores que se reconozcan «profesionales de las docencia» aportan problemas a investigar, reclaman orientaciones teórico-prácticas y aportan soluciones concretas que se convertirán en «modelos teóricos» si se plasman en acciones docentes exitosas.

Una gran parte de los problemas de investigación en DC que acabarán generando modelos teóricos se plantean como consecuencia de esta «ciencia escolar», la cual se ha de concretar en el diseño, la aplicación y la evaluación de resultados de secuencias de enseñanza y de aprendizaje (Teaching Learning Sequences, TLS, Méheut, 2004) que cubran el amplio espectro de posibilidades que se extiende desde lo puramente disciplinar hasta los proyectos multidisciplinares (que conectan mejor con el «vivir día a día» de los alumnos). También tienen que ver con todo aquello que afecta a la acción docente (a los recursos e instrumentos didácticos que se utilizan en ella) y a la formación de profesores.

La capacidad de enseñar de manera que alguien aprenda (pues, si no es así, no se ha enseñado) requiere un conocimiento profundo de las disciplinas, de su presente, su pasado y de un futuro posible, así como el conocimiento de otras disciplinas con las que relacionarse para resolver problemas. Un buen docente está estudiando siempre y la DC ha de incorporar este requisito en sus modelos, dándole un lugar importante (aunque no el único) en el diseño de la ciencia escolar.

### PUNTO DE PARTIDA PARA PROPUESTAS CONCRETAS

Los conocimientos escolares han de diseñarse teniendo en cuenta su función educativa (estructurar la mente, desarrollar la conciencia): han de ser útiles para razonar sobre un mundo en evolución en el cual se puede intervenir y han de poder relacionarse entre sí según criterios de «racionalidad moderada» (es decir, en función de un proyecto humano) que se apliquen tanto al «conocimiento científico» (CC) como a la actividad científica escolar (la ciencia que se aprende en la escuela). Los conocimientos escolares han de diseñarse teniendo en cuenta su función educativa (estructurar la mente, desarrollar la conciencia): han de ser útiles para razonar sobre un mundo en evolución en el cual se puede intervenir y han de poder relacionarse entre sí porque contribuyen a desarrollar un proyecto humano de intervención en el mundo.

Por todo ello es evidente que ya no se puede pensar en los conocimientos escolares como si fueran una adaptación de los universitarios, no sólo porque no serían adecuados a la educación básica sino también porque ahora son muchas y muy diversas las disciplinas universitarias. (Las ciencias sociales de ahora son muchas más que la Geografía y la Historia de antes.) ¿Cuáles son las que se han de enseñar «a todos»?

### Un compromiso con la educación

La DC o ciencia del profesor ha de comprometerse con el «conocimiento para la vida» o «conocimiento sabio»<sup>13</sup>, como han venido haciendo tantos y tantos buenos profesores a lo largo de los tiempos, todos aquéllos que han «saboreado» el conocimiento y han enseñado a sus alumnos a disfrutar con él. Esto es ahora especialmente urgente por varias razones, de las que sólo voy a destacar dos: el «cientismo» tecnocrático que acecha en muchos de los mensajes que recibimos de manera explícita o implícita; y el desencanto respecto a las ideologías que ha dado lugar a un relativismo que es quizás «saludable» porque es crítico, pero que puede llegar a afectar a la confianza en la capacidad humana de gestionar su propio futuro, su «porvenir», la vida interior de la que brotan sus proyectos personales. Estas dos razones pueden resumirse en una sola: la falta de confianza en la racionalidad y razonabilidad que los conocimientos generan se llena con un abandono de la capacidad de decidir en las técnicas y sus especialistas y se atribuye a las ciencias unas «verdades» que no poseen, con lo cual no podría desarrollarse ningún proyecto docente.

Por ello es necesario hacer un esfuerzo para concretar secuencias de enseñanza y de aprendizaje que proporcionen conocimientos con una finalidad educativa, aunque para ello se habrá de poner distancias entre las ciencias y las disciplinas básicas y establecer relaciones entre asignaturas que, a pesar de mantener los nombres «disciplinares» (Historia, Geografía, Química) han de relacionarse entre sí según la manera propia de una escuela que busca educar. Por ello, se han de superar las diferencias entre ciencias puras y aplicadas o entre ciencias y tecnologías, y entre asignaturas instrumentales y troncales. En efecto, al volver al «punto de origen» en el cual se genera un proyecto de intervención en el mundo y de control de sus procesos, se desarrolla la capacidad creativa y racional de las personas, que echan mano de los recursos de que disponen (los conocimientos disciplinares y el sentido común) y que combinan el pensar, el hacer y el comunicar en su actividad de construcción de conocimiento.

El compromiso con la educación y los valores es fundamental porque, sin él, las DC continuarían siendo invisibles, ya que no habría auténticos problemas

más allá de superar escollos en la cadena de transmisión de unos conocimientos ya predeterminados por los programas de estudio. A partir de este compromiso se plantean determinados retos que han de asumirse colectivamente todas las DC. Propongo tres de ellos: dar pautas para una actividad científica escolar en la cual se aprendan conocimientos disciplinares; justificar una atención preferente al lenguaje; identificar proyectos que se puedan llevar a cabo en la escuela a partir de la confluencia entre diferentes «saberes» disciplinares.

### Concretar ACE para la formación disciplinar

La ACE se distancia de los programas oficiales establecidos sobre el papel y transformados en libro de texto que se ha de seguir de pe a pa para aprobar los exámenes. Sin embargo, no se distancia del conocimiento «cierto»<sup>14</sup>, que sigue una «matriz disciplinar» teniendo en cuenta los problemas concretos que se han planteado en su marco y cómo se han resuelto, los que no se han resuelto aún, las conexiones con otros conocimientos disciplinares, las aportaciones de los que fueron considerados en algún momento «héroes» de la disciplina y por qué se les valoró así... combinando lo teórico y lo práctico.

Así, la ACE ha de desarrollarse en un espacio disciplinar pero abierto, en el que puedan convivir todas las disciplinas; las actividades concretas disciplinares han de contener la semilla de las otras disciplinas que conviven en nuestra cultura para llegar a cubrir un espectro que vaya de lo disciplinar a lo multidisciplinar (según el paradigma de la complejidad, Pujol y Bonil, 2005). Pero las propuestas se han de estructurar, en todos los casos, alrededor de los «modelos teóricos» adecuados. En efecto, la teorización ha de ser una característica de ACE, porque «construir una teoría significa proveerse de palabras, conceptos y estructuras de representación que permiten comunicar a otros lo que vivimos... Lo que proporciona sentido a la teorización es la manera en la que ella engendra posibilidades individuales y sociales» (Fourez, 1997, p. 62). Por ello, la ACE proporciona autonomía en la gestión del propio aprendizaje, capacidad de comunicar y responsabilidad (Jorba y Sanmartí, 1996).

Los programas que dan lugar a libros de texto cuyo índice acaba siendo el conjunto de conocimientos que se evalúan en los exámenes no coinciden de manera sencilla con las actividades de la ACE. Una sola actividad, bien diseñada según alguno de los «modelos teóricos» propios de las disciplinas del currículo (vinculando el pensar al hacer y al decir) puede substituir muchas lecciones tradicionales en las que se aprende a repetir palabras<sup>15</sup>. La mejor manera de iniciar la enseñanza de una disciplina es plantear situaciones en las que se puedan formular

## HISTORIA Y EPISTEMOLOGÍA DE LAS CIENCIAS

las preguntas que la estructuran, generando las «maneras de hacer» propias de ésta, los criterios que se derivan de su peculiar visión del mundo frente a otras y los lenguajes apropiados para dar razón de las preguntas y de las respuestas.

El proceso de transposición didáctica, que ha sido uno de los conceptos fundacionales de la DC en su etapa «emergente» (Chevallard, 1977), es más radical contemplado desde la perspectiva que proponemos: el diseño de «saber qué se ha de enseñar», si bien tiene en cuenta el saber disciplinar (porque los conocimientos se construyeron a partir de un proyecto disciplinar, que impone una determinada manera de mirar), lo construye de nuevo para conectarlo a los intereses de los alumnos y a los valores educativos de la escuela y, con ello, ha de introducir una perspectiva específica que ayude al alumno a integrar tanto como sea posible los conocimientos disciplinares que se le proporcionan en la escuela.

### Dar una atención preferente al lenguaje

El lenguaje que se genera en la ACE ha de ser genuino, es decir, ha de corresponder al «juego» adecuado para que el lenguaje disciplinar tenga sentido (Wittgenstein, 1995; Lemke, 1997); y, para ello, el profesor ha de proporcionar el criterio con el fin de saber cuándo es adecuado utilizar un término especializado y cuándo no lo es, cuándo una metáfora tiene sentido y cuándo es inapropiada.

Así, la creación de lenguaje junto con la incorporación de algunos de los términos científicos propios de las disciplinas (átomo, célula, sociedad industrial, feudalismo, sintagma...) forma parte de la propia ACE y del proceso de modelización científica que le es propio. Por ello reclama una diversidad de acciones docentes de lectura y escritura que no pueden ser abordadas en este artículo, pero que han sido tratadas en gran parte en el excelente trabajo interdisciplinar que impulsó Jaume Jorba y que dio lugar al libro «Parlar i escriure per aprendre» (Jorba et al., 1998).

Al dar importancia al «juego que da sentido a las palabras» se ha de matizar el significado de «asignatura instrumental» que se da a la lengua y a la matemática, considerada a su vez un lenguaje, con lo cual se procura que ambas asignaturas ocupen una gran parte del horario escolar. Porque, en realidad, cada disciplina genera su propio lenguaje y todas ellas deberían ser, a la vez, instrumentales y substantivas (Halliday et al., 1993); todas comunican de una determinada manera, todas son a la vez contenidos y instrumento para conocer. ¿Qué comunicarían los alumnos si sólo aprendieran lengua y matemáticas? ¿De qué hablarían? El problema es que la lengua y las matemáticas son substantivas en sus clases respectivas y que sólo van a ser instrumentales si se

abren a las otras materias, intentando comprender lo que comunican, para lo cual es necesario que todos los profesores trabajen a la una, como se propone en Jorba y otros (1998). Con ello, a la inversa, las otras materias van a ser instrumentales para la matemática y para la lengua: cuando la biología sirva para introducir las probabilidades; las narrativas experimentales de la química para introducir la retórica; los problemas de estabilidad de los átomos de la cual se ocupa la física para introducir el cálculo con matrices...

### Impulsar proyectos multidisciplinares

Las expectativas personales de los alumnos, que miran de manera implícita hacia el futuro, difícilmente coinciden con los objetivos de enseñanza de las asignaturas del currículo. Para interesar a los alumnos, lo más adecuado es hacerles intervenir en un proyecto de su vida cotidiana, en el que puedan participar directamente; y un proyecto de esta características requiere la intervención de muchas disciplinas, aunque, a pesar de ello, debería continuar siendo teórico. Esta constatación abre un gran interrogante sobre la ACE, que sólo la DC puede abordar, puesto que es el principal problema al que se enfrenta y que desconocen (y quizás subvaloran) quienes se mueven sólo en el seno de las disciplinas y limitan a ellas la formación intelectual básica de las personas.

Se requiere inventiva para diseñar proyectos de vida cotidiana poniendo en juego diferentes modelos teóricos disciplinares... y algo más. Porque también en este caso es necesario el abordaje teórico, para lo cual son fundamentales las preguntas y los valores que van a dar sentido global al proyecto y que proporcionarán criterios para seleccionar lo más idóneo de los modelos teóricos disponibles y dejar en la sombra lo que no es necesario.

Puesto que los profesores se (nos) han formado en una disciplina, les (nos) puede resultar difícil identificar las características esenciales de un modelo y prescindir de las otras, pues se tiende a creer que un modelo complejo es mejor que uno simple, cuando se debería estar atento a adecuar el modelo al objetivo que se persigue y al contexto en el que se trabaja. De manera coherente con el «saber sabio», que requiere un enfoque teorizante y una finalidad, se ha de elaborar un modelo propio del proyecto, que ilumine sus objetivos y seleccione los lenguajes e intervenciones más apropiadas, conociendo, eso sí, lo que dan de sí los «disciplinares» que adquieren alguna función en el proyecto; en todo caso, no se ha de utilizar una yuxtaposición de modelos teóricos disciplinares, ni tampoco una amalgama de ellos. Por ejemplo, si se va a diseñar un proyecto sobre los desarreglos en la alimentación, en su marco teórico tienen un lugar central los aspectos psicológicos y el impacto de los

media sobre los valores; además, quizás se va a utilizar la química, si se hace algún comentario sobre el valor nutritivo de los alimentos y, desde luego, la biología, porque sin comer no se puede vivir, pero, en este proyecto adquieren un papel secundario (Fourez, 1997).

## CONCLUSIONES

A lo largo de este artículo se han proporcionado diversas reflexiones con el objetivo de iluminar el campo de estudio de la DC de manera que se haga visible para todos aquéllos que, quizás, la consideran innecesaria. Nos hemos esforzado en destacar los aspectos de ciencia teórica que la hacen universitaria y que proporcionan elementos para una formación profesional docente que deje de ser artesanal (dando a entender que se aprende *sólo* viendo cómo trabaja un profesor experimentado) o intuitiva (algunos *nacen* buenos profesores).

- Como resultado de haberlo leído debería quedar claro que *didáctica* no es un adjetivo que se aplica para caracterizar una propuesta docente que se considera adecuada sino que es un conjunto de conocimientos elaborados como resultado de haber planteado determinados problemas. Por esto la DC es una disciplina, algo que se ha de enseñar a los profesores como parte de su formación inicial y que se va a desarrollar a partir de los problemas que se detecten en su práctica docente; por ello quizás sería más adecuado llamarla *didactología*, si el cambio de nombre contribuyera a clarificarla. Es la ciencia del «profesor de...» que incluye la «ciencia del currículo». Es una ciencia del diseño como lo son la medicina o las ingenierías, en la cual la separación entre innovación e investigación va a difuminarse a medida que la intervención docente se lleve a cabo en el marco teórico específico de la DC y se haga, por lo tanto, en el marco teórico propio.

- La argumentación que se ha ido desarrollando ha incidido sobre todo en el concepto de conocimiento a enseñar y, al tener que relacionarlo con los diversos significados de *conocimiento* que se utilizan tanto en el lenguaje cotidiano como en el académico, se ha puesto en evidencia la radicalidad de la transposición didáctica que proponemos, que nos ha conducido a tomar conciencia del cambio de significado de *saber sabio*: no es el conocimiento de los especialistas, sino aquel conocimiento que se apoya en el especializado para configurarse como una propuesta personal que contribuye a tomar decisiones que van dando sentido a la vida de cada cual.

- La propuesta de enseñanza y aprendizaje que se deriva de estas consideraciones insiste en el aspecto teórico-práctico de los conocimientos a enseñar, que han de ser a la vez instrumento para aprender a pen-

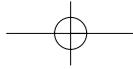
sar (para los alumnos) y ejemplo de cómo el pensamiento humano tematiza el mundo en el momento actual. Por ello se ha propuesto una estrategia de modelización y se ha definido lo que pueden ser «modelos teóricos escolares», inspirados tanto en las ciencias cognitivas como en el enfoque historicista de las disciplinas acuñado por Kuhn y que se refleja en su concepto de paradigma como matriz disciplinar abierta a nuevos conocimientos emergentes. Con todo ello se orienta a la DC hacia el diseño de una ACE donde se prioriza el pensamiento crítico y la toma de decisiones.

- Con todo ello vamos viendo que, desde la perspectiva de la DC no se puede confundir conocimiento con disciplina ni disciplina con programa, ni programa con libro de texto. El tipo de diseño que impulsa la DC se fundamenta en un conocimiento que abarca el uso que de él se hace, los lenguajes con los cuales se difunde, las tecnologías con las que se relaciona, y también cómo se ha plasmado en un disciplina o texto cuando se ha tenido que enseñar a determinadas audiencias... Por todo ello, el significado de «disciplina» es ambiguo y la DC intenta superar la equivalencia con «el libro de texto» y con un «programa», recordando sus orígenes y exhortando a volver a su significado primigenio, de conocimiento que se estructura para el discípulo pero de manera fresca y libre, sin confundirlo con los aspectos normativos que la definen en un contexto institucional (que también tiene sus interés y sus reglas siempre y cuando no acapare toda la atención).

- Hemos visto que tampoco se pueden clasificar taxativamente las asignaturas en «instrumentales» o «sustantivas», sino que todas ellas son, a la vez, una cosa y la otra, en función de los objetivos docentes que se persigan; así, la lengua y las matemáticas pueden ser tan sustantivas como la química o la historia en la clase de matemáticas, mientras que serán instrumentales en la clase de química o de historia. A la inversa, la química y la historia pueden ser instrumentales en la clase de lengua o de matemáticas y ser sustantivas en la de química o historia.

- Al intentar recuperar el origen tentativo de los conocimientos y superar la esclerosis que se produce al reducir la enseñanza a «formar de manera normativa» a las generaciones de alumnos para una sociedad concreta, recuperan el lugar central que tienen los valores humanos en la construcción del conocimiento. Lo que aparece como «hechos del mundo» en la enseñanza son, en realidad, hechos interpretados y, por lo tanto, contruidos en el seno de un marco teórico dentro de una matriz disciplinar que «mira al mundo» de la manera adecuada para intervenir eficazmente en él.

- La profesión de «profesor de...» toma así mayor relieve y se hacen «visibles» los conocimientos espe-



## HISTORIA Y EPISTEMOLOGÍA DE LAS CIENCIAS

cíficos de DC que la fundamentan. Es de esperar que los profesores de secundaria y de universidad reciban esta formación como requisito previo al ejercicio profesional; de hecho, la falta de formación inicial específica contribuye a la invisibilidad de la profesión, ya que se da por supuesto que «saber enseñar» se deduce, sin más, de conocer la disciplina... sin reconocer que nadie sabe «toda la disciplina» y, si la supiera, no podría enseñarla entera. La DC tiene también mucho que aportar a la profesión de maestro, que adolece de falta de un espacio para los conocimientos «de materia»

- Ahora se están dando cambios muy importantes en la docencia universitaria, que se producen como consecuencia de un cambio en la manera de evaluar<sup>16</sup>, por «competencias» Las nuevas propuestas son en general bien aceptadas por los profesores universitarios, aunque se consideran «de sentido común», sin llegar a captar, en muchos casos, sus fundamentos teóricos ni plantear la necesidad de cambios de programa o la «retórica de verdad y progreso» que éstos transmiten. Por ejemplo, la evaluación mediante por-

tafolio es una de las propuestas exitosas que se van incorporando poco a poco. De hecho, el cambio de énfasis de la *cartera* al *portafolio* sería una buena metáfora del cambio global que se propone, puesto que supone pasar del *libro de texto* a un *discurso propio*, gracias al cual aparece un espacio de problemas y de reflexión que deberían hacer que la DC fuera imprescindible a todos los profesores de... sin que esto haga disminuir para nada su dedicación a la propia disciplina (por suerte, la mente humana no es multidimensional).

Acabemos con la palabras de Gaston Bachelard, en «La formation de l'esprit scientifique» (1938): «Une culture bloquée sur un temps scolaire est la négation même de la culture scientifique. Il n'y a de science que par une École permanente. C'est cette école que la science doit fonder. Alors les intérêts sociaux seront définitivement inversés: la Société sera faite pour l'École et non l'École pour la Société.» Recrear una y otra vez la cultura para la formación de personas que la continúen desarrollando es la tarea específica a la que la DC dedica su investigación.

### NOTAS

<sup>1</sup> En este artículo todos los conocimientos universitarios se denominan de manera genérica *ciencias* y a la ciencia de enseñarlas (que es el conjunto de todas las didácticas específicas) la llamamos tentativamente *didáctica de las ciencias* (DC) o también *didactología*.

<sup>2</sup> Los conocimientos básicos, a los que todas las personas han de tener acceso.

<sup>3</sup> Las relaciones entre todas las «didácticas» se han defendido en un simposio en la Facultad de Educación de la UAB (Izquierdo et al., documentos no publicados, 1999).

<sup>4</sup> Llevaba un maestro dentro, quería que la gente entendiera lo que hacía y tenía el don de hacer fáciles los áridos conceptos de economía o de política.

<sup>5</sup> Por el futuro del catalán en magisterio, me pongo a temblar. Cuando se redacten los planes de estudio todo se convertirá en didáctica, y dependerá de quien la enseñe. Y puede pasar que muchos estudiantes de magisterio tengan un profesor de didáctica de la lengua sin suficientes conocimientos lingüísticos.

<sup>6</sup> Aunque mayoritariamente, ahora y aquí, el principal contexto es la escuela, la acción docente se da también en otros (museos, parques temáticos, medios de comunicación...) y probablemente esta tendencia va a ir aumentando.

<sup>7</sup> En este artículo se rechaza este significado de didáctica, como adjetivo relacionado con el maquillaje de unos contenidos fijos para que los alumnos puedan tragársela.

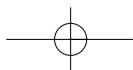
<sup>8</sup> Así se refería Isaac Newton a sus aportaciones, que consideraba deudas del trabajo de sus antecesores.

<sup>9</sup> El conocimiento declarativo puede quedar plasmado en los libros, pero desconectado del proyecto humano en el que se generó (de sus valores y de sus procesos) no tiene sentido para los alumnos.

<sup>10</sup> Esta afirmación no es incompatible con una valoración positiva del conocimiento científico en sí, que nunca se da al margen de valores (y, por ello, de valoraciones) muy diversos y que las personas jerarquizan de maneras diversas.

<sup>11</sup> El «problema» del cual se ocupan, en general, las ciencias cognitivas (que son también ciencias emergentes en las que confluyen diferentes perspectivas: historia y filosofía de las ciencias, lingüística, neurociencias...) es la construcción del conocimiento humano.

<sup>12</sup> En la vida cotidiana pasa algo parecido, también se identifican situaciones interpretadas por las reglas del «sentido común» y otras que se dejan para ser estudiadas por especialistas.



## HISTORIA Y EPISTEMOLOGÍA DE LAS CIENCIAS

<sup>13</sup> Chevallard (1977) llama «saber sabio» al conocimiento disciplinar que ha de «transponerse» para dar lugar al «saber que se enseña». En cambio, en este artículo el «saber sabio» es el saber que se enseña.

<sup>14</sup> Utilizamos este adjetivo sabiendo que es una aspiración del conocimiento, que tiende a ser cierto aunque sólo lo consiga de manera temporal y desde determinadas perspectivas; a pesar de estas limitaciones, es lo mejor que tenemos para guiar nuestras nuevas intervenciones en el mundo.

<sup>15</sup> Como ya se ha dicho, este enfoque consiste en proponer un

conjunto de «hechos del mundo» que se puedan relacionar entre ellos desde la perspectiva del modelo que se va a introducir, los cuales serán una abstracción de los aspectos relevantes para el modelo que tienen todos en común, dejando los otros en la penumbra o «aparcando su estudio» como «caja negra» que se abrirá en su momento.

<sup>16</sup> Las propuestas de voluntad de crear un Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) y de estructurar el currículo mediante «créditos de transferencia» que tienen en cuenta las horas de trabajo del alumno y no las de enseñanza del profesor.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALIBERAS, J. et al. (1989). La didáctica de les ciències: una empresa racional. *Ensenanza de la Ciencias*, 7(3), pp. 277-284.

CHEVALLARD, I. (1997). *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aique.

ECHEVERRÍA, J. (1995). *Filosofía de la ciencia*. Madrid: Akal.

ESTANY, A. e IZQUIERDO, M. (2001). La didactología, una ciencia del diseño. *Endoxa*, 14, pp. 13-34.

FOUREZ, G. (2002). *La construcción del conocimiento científico*. Madrid: Narcea.

FOUREZ, G. (1997). *Alfabetización científica y tecnológica*. Buenos Aires: Colihue.

GIERE, R.N. (1988). *Explaining Science. A cognitive approach*. Chicago: The University of Chicago Press.

GONZÁLEZ GARCÍA, M., LÓPEZ CEREZO, J.A. y LUJÁN LÓPEZ, J.L. (1996). *Ciencia, tecnología y sociedad*. Madrid: Tecnos.

GUIDONI, P. (1985). The natural thinking. *European Journal of Science Education*, 7 (2), pp. 133-140

HALLIDAY, M.A.K. y MARTIN, J.R. (1993). *Writing Science*. University of Pittsburgh Press.

IZQUIERDO, M., SANMARTÍ, N., ESPINET, M. y GARCÍA, M.P. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Ensenanza de las Ciencias*, núm. extra, pp. 79-92.

IZQUIERDO, M. y ADÚRIZ, A. (2003). Epistemological Foundations of School Science. *Science & Education*, 12, pp. 27- 43.

JORBA, J., GÓMEZ, I. y PRAT, A. (eds.). (1998). *Parlar i escriure per aprendre*. Barcelona: ICE de la UAB.

JORBA, J. y SANMARTÍ, N. (1996). *Enseñar, aprender y evaluar. Un proceso de evaluación continua*. Madrid: MEC.

KUHN, T.S.(1972). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.

LEMKE, J. (1997). *Aprender a hablar ciencia*. Barcelona: Paidós.

MÉHEUT, M. y PSILLOS, D. (2004). Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. *Int. J. Sci. Educ.*, 26 (5), pp. 515-535.

NEWTON-SMITH, W.H. (1987). *La racionalidad de la ciencia*. Barcelona: Paidós.

PORLÁN, R. (1998). Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. *Ensenanza de las Ciencias*, 16 (1), pp. 175-187.

PUJOL, R.M. y BONIL, J. et al. (2004). Ciencia escolar y complejidad. *Investigación en la Escuela*, 54, pp. 21-30.

TOULMIN, S. (1977). *La comprensión humana*. Madrid: Alianza Universidad.

WITTGENSTEIN, L. (1958). *Philosophical Investigations (Philosophische Untersuchungen)*. Oxford: Blackwell.