

LA INVESTIGACIÓN SOBRE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Un requisito imprescindible para mejorar la práctica educativa

REINDERS DUIT

Resumen:

Presentamos una concepción de la enseñanza de las ciencias que sirva para mejorar la práctica en el aula y los programas destinados a la formación de profesores; parte de un modelo de reconstrucción educativa que sostiene que los temas de interés relacionados con las ciencias como materia, por un lado, y las necesidades y capacidades de aprendizaje de los estudiantes, por el otro, deben recibir la misma atención al intentar desarrollar un enfoque de mejoramiento cualitativo. Además, las actividades de investigación y de desarrollo deben estar estrechamente vinculadas. Se ha afirmado que tal marco de referencia para la investigación en enseñanza de las ciencias es un prerequisite insoslayable para mejorar la práctica institucional y, de ahí, para el progreso ulterior de la bibliografía científica.

Abstract:

We present a conception of science education that serves to improve classroom teaching and teacher training programs. It is based on a model of educational reconstruction that sustains that topics of interest related to the subject of science, on one hand, and students' needs and abilities to learn, on the other hand, must receive equal attention in any attempt to develop a focus of qualitative improvement. In addition, research and development activities must be closely linked. The affirmation is made that such a frame of reference for researching science education is an unavoidable prerequisite for improving institutional practice, and thus the ulterior progress of scientific bibliography.

Palabras clave: enseñanza de las ciencias, investigación, práctica educativa, alumnos, profesores.

Key words: science education, research, educational practice, students, teachers.

Reinders Duit es profesor del IPN-Leibniz-Institute for Science Education, Olshausenstraße 62, Zimmer 224, D-24098 Kiel, Alemania. CE: duit@ipn.uni-kiel.de

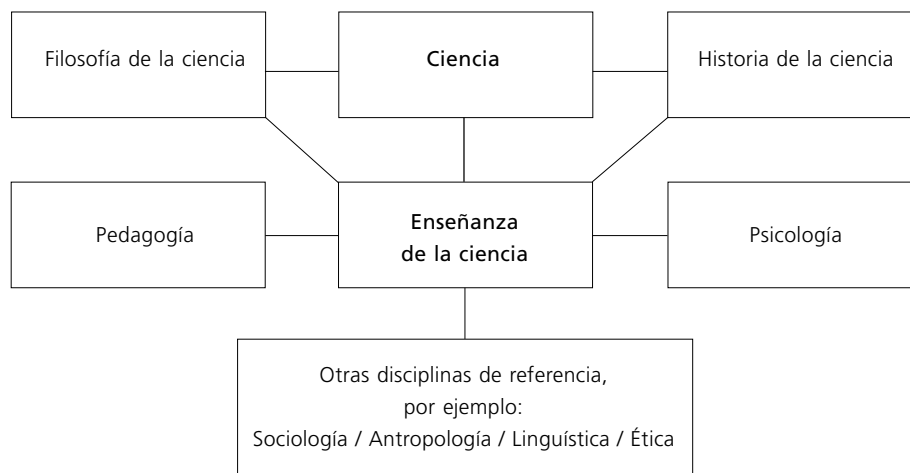
Las múltiples disciplinas de referencia para la enseñanza de las ciencias

La enseñanza de las ciencias es una disciplina verdaderamente interdisciplinaria. Está claro que en este caso las ciencias son la disciplina de referencia y de mayor peso, pero es necesario contar con competencias en varias otras (figura 1).

La filosofía y la historia de la ciencia ofrecen pautas de pensamiento que permiten analizar de forma crítica la naturaleza de la ciencia y su contribución específica para la comprensión del “mundo”, es decir de la naturaleza y la tecnología. La pedagogía y la psicología, por su parte, posibilitan la adquisición de competencias capaces de ofrecer puntos de referencia tanto para considerar hasta qué punto cierto tema merece ser enseñado como para llevar a cabo estudios empíricos sobre si el tema en cuestión puede ser o no entendido por los estudiantes. Pero otras disciplinas de referencia entran en juego como, por ejemplo, la lingüística, que puede ofrecer marcos de referencia para analizar el discurso en el aula o conceptualizar el aprendizaje de la ciencia como una introducción a un nuevo lenguaje o bien a una nueva ética que enfoque la enseñanza sobre temas morales.

FIGURA 1

Disciplinas de referencia para la enseñanza de la ciencia



La naturaleza interdisciplinaria de la investigación en enseñanza de la ciencia es, en gran parte, responsable de los grandes retos que representan la puesta en práctica y el desarrollo de este campo. Por supuesto, se necesitan competencias básicas en ciencias, pero también son necesarias competencias sustanciosas en un amplio abanico de disciplinas adicionales. Cabe observar que, en principio, los profesores de ciencias requieren también de este amplio espectro. Además, no es suficiente para los docentes dominar a fondo el tema para enseñar su materia. Necesitan, por lo menos, conocimientos básicos sobre la naturaleza de las ciencias, como los que ofrecen la filosofía y la historia de la ciencia, así como cierta familiaridad con las nuevas visiones sobre enseñanza y aprendizaje eficientes como los de las nuevas tendencias de la pedagogía y de la psicología.

Shulman (1987) afirma que el docente debería manejar un amplio espectro de disciplinas muy diversas y su concepción de un “conocimiento pedagógico de los contenidos” (en inglés, “*content specific pedagogical knowledge*” o, en su forma resumida, *Pedagogical Content Knowledge*, *PCK*) ha sido adoptada con gran aceptación en la enseñanza de las ciencias (Gess-Newsome y Lederman, 1999). La idea es la siguiente: tradicionalmente, en el marco de los programas de formación docente, los profesores reciben conocimientos relacionados tanto con los contenidos como con la forma de enseñarlos. Lo que a menudo suele faltar es el vínculo entre ambos, el que está específicamente anclado en el ámbito de los contenidos y el conocimiento pedagógico.

Shulman opina que este tipo de conocimientos, el pedagógico del contenido o *PCK*, es un elemento clave para lograr una enseñanza con éxito que cumpla con sus propósitos. La concepción de las ciencias tal y como se ilustra en la figura 1 refleja la idea de Shulman sobre los *PCK*. La necesidad de vincular competencias que provienen del ámbito de los contenidos con las de varias otras disciplinas (entre ellas más particularmente la pedagogía y la psicología) es la piedra de toque de la concepción de enseñanza de la ciencia que discutiremos aquí.

Una explicación preliminar de la disciplina interdisciplinaria que es la enseñanza de las ciencias puede ser la siguiente:¹

La enseñanza de las ciencias es la disciplina que se ocupa de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en las escuelas y fuera de ellas. La investigación en enseñanza de las ciencias comprende la selección, la legitimación y la reconstrucción educativa de los temas que deben formar parte del aprendizaje, de la

selección y justificación de los objetivos principales de la enseñanza y del aprendizaje y de una secuencia de enseñanza que tome en cuenta los antecedentes cognitivos, afectivos y sociales del que aprende. Otro ámbito de la enseñanza de las ciencias es el desarrollo basado en la investigación, así como la evaluación de los enfoques y de los materiales de enseñanza y aprendizaje.

Obviamente, en el centro de esta explicación está la investigación sobre las situaciones reales de enseñanza y aprendizaje; sin embargo, la indagación que se realiza sobre los diversos contextos en los que tienen lugar este proceso también debe ser incluida, como será argumentado en el apartado siguiente.

Las tradiciones de la investigación y el desarrollo en enseñanza de las ciencias

En una revista sobre investigación en enseñanza de las ciencias de reciente publicación, Jenkins (2001) distingue, en los últimos treinta años, dos tradiciones a las que llama “pedagógica” y “empírica”:

La tradición pedagógica tiene como objetivo principal el mejoramiento directo de la práctica, entendiendo aquí la práctica como la enseñanza de las ciencias [...] (p. 20). La tradición empírica, siempre más presente en Estados Unidos que en Europa, se ha debilitado considerablemente en los últimos treinta años; está asociada con el positivismo y busca los “datos objetivos” que se necesitan para entender y ejercer cierta influencia en una realidad educativa predeterminada, una estrecha familiaridad que está en el centro de la tradición pedagógica (p. 21).

Si se toma como ejemplo la enseñanza de la química, Jenkins (2001:21) dice que los seguidores de la tradición pedagógica son los que imparten esta materia en escuelas de nivel medio, medio superior y superior y que publican en revistas como *Education in Chemistry* o el *Journal of Chemical Education*. Estos investigadores no se alejan de la disciplina académica de la química y muchos de ellos “opondrían una fuerte resistencia a cualquier intento por colocarlos en la categoría de especialistas en ciencias sociales, en vez de ciencias naturales”.

No cabe duda de que ésta es una distinción muy importante que sirve para marcar las corrientes principales de la enseñanza de las ciencias como disciplina de investigación. Parece necesario, sin embargo, un énfasis ligeramente diferente sobre las características distintivas de ambas escuelas. Tenemos,

por un lado, un grupo de investigadores en enseñanza de las ciencias que están cercanos a un campo científico en particular. Su atención se centra no sólo en la práctica docente, sino que ponen mayor énfasis en problemas de los contenidos científicos y en la elaboración de nuevas secuencias de enseñanza y aprendizaje. Desafortunadamente, la mayor parte de las veces asistimos a una falta de equilibrio entre la clara vocación científica de la práctica educativa y la orientación hacia, por un lado, las necesidades y los intereses de los estudiantes y, por el otro, los procesos de aprendizaje. Además, suele haber deficiencias en la integración entre investigación (y en particular la empírica sobre enseñanza y aprendizaje) y desarrollo.

Por otra parte, encontramos un fuerte énfasis en las necesidades de los estudiantes en varios ámbitos y en el mejoramiento de los entornos de aprendizaje, a menudo acompañado por un desprecio de los asuntos relacionados con las ciencias como materia de estudio. Una cantidad considerable de experiencias de enseñanza por cambio conceptual (Schnotz, Vosniadou, y Carretero, 1999) parecen caer en esta categoría. Podríamos resumir la distinción entre ambas tradiciones llamando a la primera un enfoque orientado *hacia la ciencia* y, a la segunda, *hacia el estudiante*. El progreso en la comprensión y el aprendizaje de las ciencias parece ser posible sólo si existe cierto equilibrio entre estas dos perspectivas. La elaboración de secuencias de enseñanza y aprendizaje para las ciencias requiere de la fusión de ambos puntos de vista.

Fensham (2001), conocido por sus contribuciones en el ámbito de la didáctica de las ciencias con orientación hacia el estudiante señala (2000) la necesidad de investigar sobre enseñanza y aprendizaje para repensar los contenidos de la ciencia, de verlos también como una problemática² (y no sólo el modo en el que se enseñan los contenidos) y reconstruirlos desde el punto de vista educativo. Sus consideraciones forman parte de la discusión sobre la oposición entre la tradición europea llamada *Didaktik* y la basada en el currículo (Hopmann y Riquarts, 1995). Mientras la tradición curricular se centra de algún modo en la vertiente *empírica* de Jenkins (2001) y en lo que se ha llamado anteriormente la *orientación hacia el estudiante*, la de la *Didaktik* tiene como propósito combinar las características principales de la orientación hacia los estudiantes y hacia la ciencia de forma equilibrada.

También Dahncke *et al.* (2001) argumentan en favor de una visión integral de las cosas. Afirman que la comunidad de la enseñanza de las ciencias hasta hoy ha estado dividida en los dos grupos mencionados y que existen

brechas considerables entre ellos que obstaculizan fuertemente el progreso que tanto se necesita. También enfatizan en que hay zanjaz importantes entre la enseñanza de las ciencias y, por un lado, las ciencias de la educación, la pedagogía y la psicología y, por el otro, la práctica escolar. Defienden una visión que está en favor de emancipar la enseñanza de las ciencias tanto de los ámbitos referenciales de la ciencia como de las ciencias de la educación, con un énfasis particular en el mejoramiento de las prácticas educativas. Esta enseñanza debería ser vista como un campo de investigación interdisciplinario en sí, tal como lo intentamos esbozar en la figura 1.

Psillos (2001) también señala la relevancia de esta concepción de la enseñanza de las ciencias. Distingue tres “modos” de investigación: el *práctico* se ocupa de problemas con los que se enfrentan en el aula, el *tecnológico* trata de los intentos de los que toman decisiones para mejorar la enseñanza de las ciencias y, finalmente, el *científico* representa la enseñanza de las ciencias como un ámbito de investigación en sí. Afirma “que es necesario vincular las preocupaciones más importantes de los tres modos para enfrentar las distintas dificultades inherentes al mejoramiento de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias (2001:11).

Entre los que enseñan ciencias, es de sentido común que el mejoramiento de la práctica sea el objetivo principal de la investigación en ese campo. Sin embargo, Millar (2003) piensa –basándose en argumentos esgrimidos por Jenkins (2001)– que muchos de estos estudios se limitan a “lo que funciona en la práctica”. Afirma que:

El papel de la investigación no estriba sólo en decirnos “qué funciona”. Algunos de los estudios de investigación más valiosos han sido los que han hecho que las personas tengan conciencia de los problemas que existen en las prácticas actuales. La investigación puede proporcionar información en una amplia gama de modos que no siempre logran ofrecer respuestas claras y precisas, pero sí consiguen proporcionarnos el tipo de percepciones que nos permiten ver las situaciones familiares con nuevos ojos, agudizando el pensamiento, dirigiendo la atención hacia problemas importantes, cuestionando las ideas preconcebidas, fomentando el debate y estimulando la curiosidad (Millar, 2003:7-8).

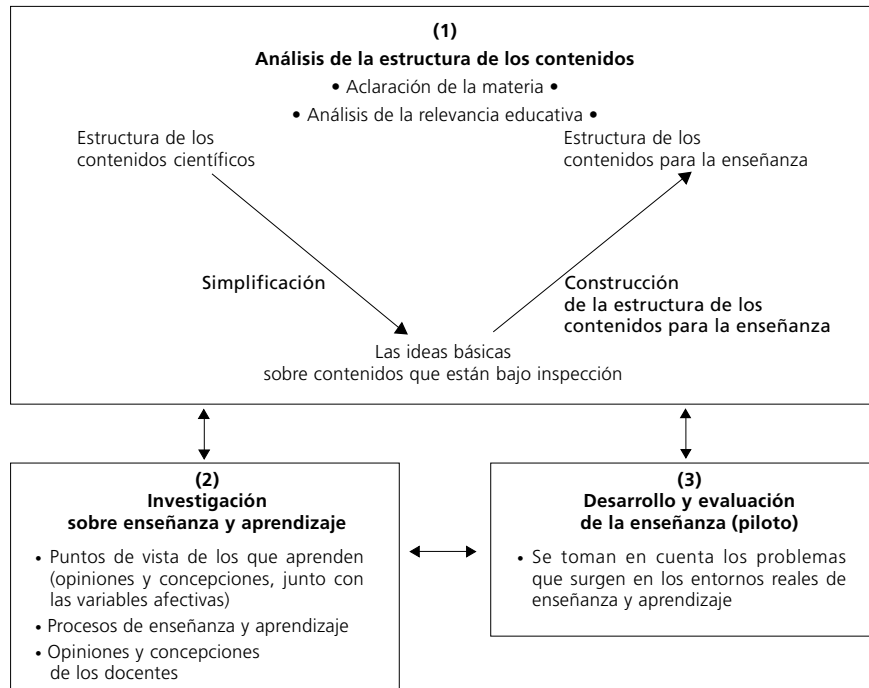
La concepción de investigación en enseñanza de las ciencias que se esboza en los apartados siguientes está basada en esta línea más global que tiende a mejorar la práctica.

El modelo de reconstrucción educativa

El modelo de reconstrucción educativa (Duit, Gropengießer y Kattmann, 2005) (figura 2) puede ofrecer una visión más profunda de la naturaleza interdisciplinaria de la investigación en ciencias de la educación de lo que había sido esbozado hasta ahora. Ha sido desarrollado como un marco teórico para diversos estudios que muestran hasta dónde es posible y vale la pena enseñar dominios particulares de las ciencias. Se basa en la necesidad de equilibrar las cuestiones relacionadas con los contenidos de las ciencias y los problemas educativos, cuando las secuencias de enseñanza y aprendizaje están hechas para lograr el mejoramiento de su comprensión y pueden, por lo tanto, favorecer el desarrollo de niveles satisfactorios de alfabetización científica.³ Asimismo, puede ser empleado para estructurar los esfuerzos educativos de los docentes, puesto que ellos también pueden ser vistos como personas que aprenden. Además, proporciona un marco de referencia para la concepción de la investigación en educación de las ciencias esbozada anteriormente.

FIGURA 2

El modelo de reconstrucción educativa



Este modelo está basado en la tradición educativa alemana de *Bildung* y de *Didaktik* (Westbury, Hopmann y Riquarts, 2000). Estos términos son difíciles de traducir con precisión. Literalmente, *Bildung* es “formación” pero, en los hechos, la *Bildung* está vista como un proceso. Este término se emplea para la formación del que aprende como una persona integral, es decir para el desarrollo de la personalidad del que aprende. El sentido de *Didaktik*⁴ se basa en la idea de la *Bildung* y tiene que ver con el proceso analítico que consiste en transponer (o transformar) el conocimiento humano (la herencia cultural) como conocimiento disciplinario específico en conocimiento apto para ser enseñado y capaz de contribuir a la formación mencionada (la *Bildung*) de los jóvenes. En pocas palabras, la estructura de los contenidos de un campo específico del conocimiento (por ejemplo, la física) tiene que ser transformada en una apta para la enseñanza. Ambas estructuras son sustancialmente diferentes. La primera, por lo que respecta a un tema particular (por ejemplo, la noción de “fuerza”), no puede ser transferida directamente hacia la de contenidos para la enseñanza. No sólo tiene que ser simplificada (con el fin de hacerla accesible para los estudiantes), sino también enriquecida al ubicarla en contextos que cobran sentido para los que están en un proceso de aprendizaje.

En este proceso se pueden diferenciar dos fases: la primera se puede llamar “elementarización”. Con base en este conjunto de ideas básicas se construye la estructura de contenidos para la enseñanza. Una de las reivindicaciones clave de la tradición de la *Didaktik* es justamente que ambos procesos, el de “elementarización” y el de “construcción de la estructura de contenidos para la enseñanza”, están estrechamente vinculados con decisiones sobre los propósitos de la enseñanza de los contenidos y con las perspectivas cognitivas y afectivas de los estudiantes (figura 2). Estas perspectivas incluyen, por un lado, las concepciones que poseen los estudiantes antes del proceso de enseñanza y sus habilidades cognitivas generales y, por el otro, sus intereses, sus auto-percepciones y actitudes hacia lo otro.

Algunas características clave de la tradición de la *Didaktik* alemana que han sido adoptadas por el modelo de reconstrucción educativa serán esbozadas en el apartado siguiente. Una de las referencias clave es el “análisis educativo” (*Didaktische Analyse*) de Klafki (1969). Sus ideas, que parten del principio de la primacía de los objetivos y de las intenciones de la enseñanza, estructuran el análisis educativo (es también el caso en el modelo que se presenta en la figura 2), en cuyo centro encontramos las cinco

preguntas que se muestran en la tabla 1, que también desempeñan un papel importante en nuestro modelo.

TABLA 1
Preguntas clave del análisis educativo (Didaktische Analyse) de Klafki (1969)

1) ¿Cuál es la idea general representada por los contenidos en cuestión? ¿Qué fenómenos o principios básicos, qué leyes generales, criterios, métodos, técnicas o actitudes pueden ser tratados de forma ejemplar al abordar los contenidos?
2) ¿Cuál es el significado profundo de los contenidos en cuestión y de las experiencias, los conocimientos, las habilidades y los talentos por adquirir atendiendo a los contenidos en la vida intelectual real de los estudiantes? ¿Cuál debería de ser el significado de los contenidos desde un punto de vista pedagógico?
3) ¿Cuál es el significado de los contenidos para el futuro de los estudiantes?
4) ¿Cuál es la estructura de los contenidos si lo vemos desde el punto de vista pedagógico esbozado en las preguntas 1 a 3?
5) ¿Cuáles son los casos, fenómenos, situaciones o experimentos que hacen que la estructura de los contenidos en cuestión merezca ponerse en cuestión y sea interesante, accesible y comprensible para los estudiantes?

Otra figura de pensamiento importante en la tradición de la *Didaktik* alemana, que se retoma en el modelo de reconstrucción educativa, es la idea de una interacción fundamental entre todas las variables que determinan la enseñanza y que se muestran en la figura 3.

FIGURA 3
Acerca de la interacción fundamental de variables de la enseñanza (Heimann, Otto y Schulz, 1969)

Intenciones (propósitos y objetivos)	Temas de enseñanza (contenidos)	Métodos de enseñanza	Recursos empleados para la enseñanza
¿Por qué?	¿Qué?	¿Cómo?	¿Por qué medios?
Condiciones intelectuales y referentes a la actitud previas a la enseñanza (p. ej., concepciones previas al proceso de enseñanza, estado de las operaciones mentales generales, intereses y actitudes)		Condiciones socioculturales previas (p. ej., normas de la sociedad, influencia de la sociedad y de la vida en los estudiantes)	

El modelo de reconstrucción educativa está vinculado con un cuadro epistemológico de corte constructivista (Philips, 2000; Duit y Treagust, 1998, 2003; Widodo, 2004). Esta orientación presenta dos facetas clave. En primer lugar, el aprendizaje es visto como la labor de estudiantes que construyen sus propios conocimientos sobre los cimientos de un saber ya preexistente. Las concepciones y creencias que ellos traen consigo al mundo de la enseñanza no son consideradas como obstáculos para el aprendizaje, sino puntos de partida para guiarlos hacia el saber científico por conseguir (Driver y Easley, 1978). En segundo lugar, el saber científico es visto como una construcción humana (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000); es decir, este modelo parte del punto de vista de que no existe ninguna estructura de contenidos “verdadera” para un área específica. Lo que se suele llamar comúnmente la estructura de los contenidos científicos (por ejemplo en la figura 2) es considerada como el consenso de una comunidad científica específica. Cada presentación de este último en los manuales más prestigiosos es una reconstrucción idiosincrásica de los autores, que el lector puede detectar en los objetivos específicos que éstos persiguen explícita o implícitamente (Kattmann *et al.* 1995).

Por consiguiente, tampoco la estructura de los contenidos científicos para la enseñanza (figura 2) es algo simplemente “dado” por la estructura de los mismos. Debe ser construida por el que elabora el plan de estudios o por el maestro, con base en los objetivos vinculados con la enseñanza de un contenido específico. En otras palabras, la estructura de los contenidos científicos debe ser reconstruida desde una perspectiva educativa. Ésta es la esencia del término “reconstrucción educativa”.

Muchos profesores, y en términos generales todos los que estén vinculados de alguna manera con la enseñanza de las ciencias, piensan que la estructura de los contenidos para la enseñanza debe ser “más asequible” que la de los científicos para lograr que los estudiantes comprendan la materia. Del mismo modo, llaman “reducción” al proceso que consiste en elaborar la estructura de los contenidos para la enseñanza. Sin embargo, esta perspectiva es completamente errónea. De cierto modo, para responder a las necesidades de los alumnos, dicha estructura debe ser forzosamente mucho más compleja que la de los contenidos científicos. En efecto, es necesario anclar el conocimiento científico abstracto en distintos contextos para abordar problemas como las potencialidades de aprendizaje y las posibles dificultades de los que aprenden.

El modelo de reconstrucción educativa está integrado por tres componentes estrechamente vinculados (figura 2):

- 1) *El análisis de la estructura de los contenidos*⁵ incluye dos procesos muy relacionados: la aclaración de la materia estudiada y el análisis de su relevancia educativa. El primero se basa en el estudio de contenidos de los manuales más prestigiados y de publicaciones clave sobre el tema, pero también puede tomar en cuenta su desarrollo histórico. Es interesante notar que el hecho de considerar también las concepciones de los estudiantes previas a la enseñanza –que han demostrado a menudo su oposición con los conceptos científicos por aprender (Driver y Erickson, 1983)– contribuye a una comprensión más apropiada de los contenidos científicos en el proceso de aclaración de la materia. Las experiencias muestran que las concepciones sorprendentes y aparentemente extrañas de los alumnos pueden ofrecer miradas nuevas sobre los contenidos científicos y permitir, por lo tanto, una comprensión distinta y más profunda (Kattmann, 2001; Duit, Komorek y Wilbers, 1997). Tradicionalmente, los contenidos científicos denotan, en su mayoría, conceptos y principios científicos. Sin embargo, opiniones recientes contenidas en las publicaciones especializadas (Bybee, 1997) afirman que también los procesos científicos, las concepciones de la naturaleza de las ciencias y de su importancia en la vida diaria y en la sociedad deberían recibir una mayor atención en la enseñanza al respecto (Osborne, Ratcliffe, Millar y Duschl, 2003; McComas, 1998). Todos estos temas “adicionales” necesitan incluirse también en el proceso de reconstrucción educativa.
- 2) *La investigación sobre enseñanza y aprendizaje* comprende estudios empíricos sobre diversas características de entornos de aprendizaje específicos. El estudio de las perspectivas de los estudiantes –incluyendo sus concepciones previas a la enseñanza y variables en el plano de lo afectivo como los intereses, las autoconcepciones y las actitudes– desempeña un papel especial en la reconstrucción educativa. Pero se pueden encontrar muchos más trabajos sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje y sobre el papel particular de los métodos de enseñanza, los experimentos y demás herramientas educativas. La investigación sobre las opiniones y las concepciones de los profesores sobre los contenidos científicos y el aprendizaje de los estudiantes también es un elemento esencial.

3) *El desarrollo y la evaluación de la enseñanza* tienen que ver con la elaboración de materiales educativos, actividades y secuencias de enseñanza y aprendizaje. La elaboración de entornos para el aprendizaje está en el centro de este componente. Para ello se toman en cuenta, antes que nada, las necesidades específicas y las capacidades de los estudiantes para lograr los objetivos fijados. Para evaluar el material y las actividades en cuestión se emplean diversos métodos empíricos, como entrevistas con alumnos y profesores –por ejemplo, sobre su valoración de los materiales elaborados, cuestionarios sobre el desarrollo de las variables cognitivas y afectivas de los estudiantes– y análisis de prácticas educativas grabadas en video. El desarrollo de actividades y de materiales así como la investigación sobre varias cuestiones relacionadas con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias están estrechamente vinculados (Duit y Komorek, 2004).

El modelo de reconstrucción educativa que se presenta aquí comparte características importantes con otros recientes cuyo propósito es mejorar la práctica. En primer lugar, el proceso cíclico de reconstrucción educativa, es decir, de reflexión teórica, análisis conceptual y desarrollo curricular a escala reducida y la investigación de aula sobre la interacción entre procesos de enseñanza y de aprendizaje también es una preocupación clave para la concepción del concepto de “investigación sobre desarrollo” presentado por Lijnse (1995).

En el campo de la psicología educativa hemos asistido a una discusión intensa sobre el significado real de los resultados que arroja la investigación sobre enseñanza y aprendizaje para el mejoramiento de la práctica educativa. Kaestle (1993) publicó un artículo titulado “*The awful reputation of educational research*” (“La terrible reputación de la investigación en educación”) y Wright (1993) planteó una pregunta similar en su artículo “*The irrelevancy of science education research: perception or reality?*” (“La falta de pertinencia de la investigación en enseñanza de las ciencias: ¿cuestión de percepción o realidad?”). En ambos casos, el argumento principal es que la cultura peculiar de la investigación en educación y en enseñanza de las ciencias que predomina en las comunidades científicas es la responsable de que los resultados de los estudios no tengan una importancia real para el mejoramiento de la enseñanza. Como reacción a estas declaraciones surgió una discusión virulenta, que contribuyó sustancialmente a un giro en la materia que llevó de la investigación educativa pura a su vertiente aplicada

(Gibbons *et al.*, 1994; Vosniadou, 1996; Cobb, *et al.*, 2003). Se ha dicho que la “investigación del diseño” es algo necesario para lograr colmar la brecha entre la indagación sobre enseñanza y aprendizaje y la práctica educativa (Cobb *et al.*, 2003). El estudio del diseño vincula, de forma estrecha, la investigación y el desarrollo y toma en cuenta, de manera explícita, las prácticas educativas, en muchos aspectos del mismo modo que el modelo de reconstrucción educativa.

Este modelo no sólo ha demostrado ser un marco fértil para la planeación y el diseño educativos, sino también para el desarrollo profesional de los docentes. Cuestiones como el hecho de “pensar dentro del marco impuesto por el modelo” también son consideradas esenciales para lograr el mejoramiento de las formas de pensar de los profesores en su actuación en el aula (West y Staub, 2003; Kattmann, 2004; Duit, Komorek y Müller, 2004).

Los ámbitos de la investigación en enseñanza de las ciencias

El modelo de reconstrucción educativa presentado en el apartado anterior posibilita la identificación de cuatro ámbitos principales en la investigación en enseñanza de las ciencias.

Análisis de la estructura de los contenidos

Existen dos procesos estrechamente vinculados, es decir, la aclaración de la materia y el análisis de su pertinencia educativa. Es preciso tomar en cuenta el hecho de que los contenidos se toman aquí de una forma más incluyente de la acostumbrada. Se trata no sólo de los conceptos y principios de las ciencias, sino también de los procesos científicos y de las opiniones sobre su naturaleza y de su importancia para la sociedad vistos como elementos esenciales de los contenidos científicos.

Los métodos de investigación para la aclaración de la materia (relacionada con el conjunto de cuestiones vinculadas con los contenidos que vimos antes) son de naturaleza analítica (o hermenéutica) y no se puede negar el predominio de métodos de análisis tanto de los contenidos como textual. Asimismo, aquí entran en juego la historia y la filosofía de las ciencias.

El análisis de la pertinencia educativa también es de naturaleza analítica, es decir, se basa en ciertas normas y objetivos pedagógicos. Sin embargo, en proyectos de reconstrucción educativa en campos de mayor tamaño, los estudios sobre su relevancia también pueden ser empíricos, por ejemplo, mediante el uso de cuestionarios para averiguar la opinión de los

especialistas (cf. Komorek, Wendorff y Duit, 2002) o de variantes de los estudios Delphi (Osborne *et al.*, 2003).

La investigación sobre enseñanza y aprendizaje

Éste es, con mucho, el campo de investigación más ampliamente representado en la enseñanza de las ciencias; la mayoría de los estudios publicados en las revistas más prestigiadas al respecto pertenecen a ese ámbito. Los temas más investigados son: *a)* el aprendizaje por parte de los estudiantes (sus concepciones previas a la enseñanza, sus representaciones y creencias, el cambio conceptual, la resolución de problemas, las cuestiones afectivas relacionadas con el aprendizaje como actitudes, motivación, intereses, autoconcepciones, diferencias de género, etc.); *b)* la enseñanza (estrategias docentes, situaciones en el aula e interacciones sociales; lenguaje y discurso); *c)* el pensamiento y la actuación de los profesores (sus concepciones de los conceptos y principios científicos, los procesos científicos, la naturaleza de la ciencia, sus opiniones sobre la enseñanza-aprendizaje) así como su desarrollo profesional); *d)* recursos y métodos de enseñanza (trabajo de laboratorio, multimedia, otros recursos y métodos); y *e)* evaluación de los estudiantes (métodos para monitorear sus logros y el desarrollo de variables afectivas).

En este campo hay un amplio espectro de métodos de investigación empírica –tanto cualitativa como cuantitativa–, incluyendo cuestionarios, entrevistas y estudios sobre el proceso de aprendizaje. El uso de métodos desarrollados para las ciencias sociales (como la psicología) y una colaboración estrecha con especialistas en ello y que abordan las necesidades de la enseñanza de las ciencias ha revelado ser fundamental.

Han sido empleadas diversas perspectivas epistemológicas con predominio de las variantes constructivistas (Tobin, 1993; Steffe y Gale, 1995; Duit y Treagust, 1998; Phillips, 2000). Pero también las opiniones de los seguidores de Piaget han tenido cierta importancia (Bliss, 1995). Más recientemente, algunas variantes de las orientaciones culturales que se basan, por ejemplo, en Vygotsky (Leach y Scott, 2002) o en la teoría de la actividad (Roth, *et al.*, 2002) han alcanzado un papel cada vez más protagónico.

El desarrollo y la evaluación de la enseñanza o del diseño de la enseñanza

Como mencionamos en el apartado anterior, dedicado a la tradición de la investigación y el desarrollo de la enseñanza de las ciencias, todavía

encontramos actividades que no se basan en la indagación. Parece que muchos de los que trabajan en el avance del campo no se enteran de los descubrimientos de la investigación. La postura que subyace al modelo de reconstrucción educativa pone de manifiesto tres cuestiones fundamentales: en primer lugar, el proceso debe basarse esencialmente en la investigación y necesita una evaluación estricta empleando métodos empíricos; en segundo término, el desarrollo debería ser considerado también como una oportunidad para la inclusión de estudios. Y, finalmente, el mejoramiento de la práctica sólo se logrará si desarrollo e investigación están estrechamente vinculados.

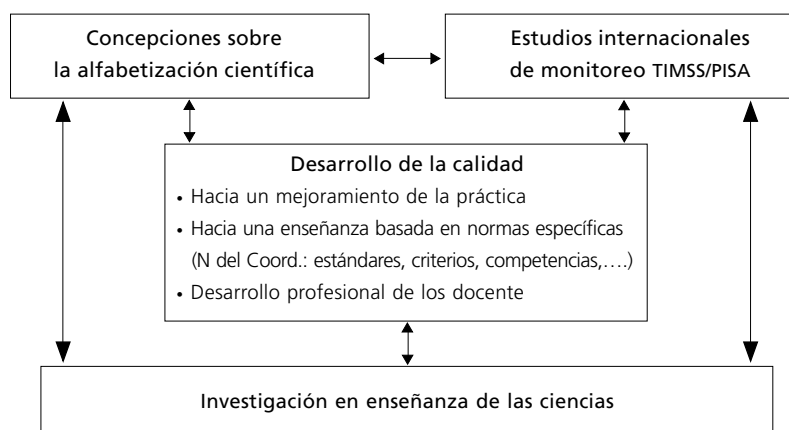
La investigación sobre cuestiones curriculares y políticas para la enseñanza de las ciencias

El modelo de reconstrucción educativa ofrece un marco de referencia para el diseño de la enseñanza. Aquí, el principal tema de interés es, precisa y básicamente, el marco de referencia para el diseño de la enseñanza. Sin embargo, carecen de atención otros elementos, como el contexto más amplio del entorno para el aprendizaje. Por ello debe añadirse un nuevo campo en la investigación sobre la enseñanza de las ciencias.

Ese campo tiene que ver con las características del sistema educativo en el que se inserta la enseñanza de las ciencias. Aquí la investigación está relacionada con decisiones sobre el currículum, con objetivos y contenidos de enseñanza de las ciencias y con la puesta en práctica, la evaluación y la difusión de las innovaciones que se introducen en el sistema educativo. La investigación sobre la literatura científica, las normas, las reformas sistémicas (y desarrollo de la calidad) y el desenvolvimiento profesional de los docentes son campos de la enseñanza de las ciencias que han sido cada vez más estudiados en los últimos años. Cabe mencionar aquí trabajos de monitoreo internacional como el Tercer Estudio Internacional sobre Ciencias y Matemáticas (TIMSS, por sus siglas en inglés) (Beaton *et al.*, 1996) y el Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes (PISA, por sus siglas en inglés) (OECD-PISA, 2005). Por un lado, ofrecen una gran cantidad de información que también ha sido interpretada desde el punto de vista de la enseñanza de las ciencias y, por el otro, estos análisis han revelado importantes deficiencias de la enseñanza de las ciencias en muchos países y han llevado a varios intentos en el ámbito mundial para mejorar el proceso (Beeth, *et al.*, 2003), como se puede ver en la figura 4.

FIGURA 4

Intentos actuales a gran escala por mejorar la práctica educativa de las ciencias



La figura 4 también muestra que la investigación es uno de los numerosos “agentes” que desempeñan un papel en los intentos por mejorar la enseñanza de las ciencias. Una cooperación estrecha con los otros “actores” es esencial y esto concierne también a la cooperación con las disciplinas de referencia, la pedagogía y la psicología, como se muestra en la figura 1. Para llevar a cabo investigación en enseñanza de las ciencias no sólo se necesita el apoyo de marcos teóricos y de métodos para esos dominios en particular; también ha revelado ser fructífero llevar a cabo proyectos conjuntos en los que existen intereses mutuos. La investigación sobre enseñanza y aprendizaje de un contenido específico, por ejemplo, sólo podrá fomentar el mejoramiento de la práctica si se toman en cuenta las consideraciones precisas sobre contenidos a las que aludimos antes; esto también es válido para los estudios realizados en el ámbito de la psicología educativa.

Los enfoques más importantes de la investigación en enseñanza de las ciencias

Este artículo no pretende, en absoluto, ofrecer una imagen nítida de los campos y subcampos de investigación que han recibido mayor atención. Como se ha mencionado, la investigación sobre enseñanza y aprendizaje es la que ha recibido, en la enseñanza de las ciencias, desde hace mucho

tiempo el mayor énfasis. Los estudiantes fueron el centro de atención durante los años ochenta; después también se tomaron en cuenta diversas cuestiones relacionadas con las perspectivas de los docentes (Duit y Treagust, 1998). En esa década, el mayor énfasis se puso en el aprendizaje de conceptos y de principios, y hubo que esperar a los años noventa para que las opiniones sobre la naturaleza de las ciencias se convirtiera en un campo de investigación realmente significativo (McComas, 1998). Las visiones constructivistas sobre la enseñanza y el aprendizaje se han convertido, paulatinamente, en la base epistemológica de la investigación sobre enseñanza y aprendizaje, al principio con algunas variantes de “constructivismo radical” y, más tarde, con perspectivas más incluyentes de “constructivismo social” (Duit y Treagust, 1998).

En términos generales, la investigación en enseñanza de las ciencias se ha ido desarrollando con fuerza en las últimas décadas (cf. White, 2001). Ha crecido hasta conformar una comunidad verdaderamente internacional con un número cada vez mayor de integrantes (White, 2001, 465). La cantidad de publicaciones periódicas no deja de aumentar, los números por año de dichas revistas también han ido incrementándose⁶ al igual que los congresos internacionales y los libros relacionados con el tema. Como resultado de este crecimiento se ha vuelto cada vez más difícil conservar una visión de conjunto sobre el campo de investigación y los temas que llaman más la atención de los especialistas. Se vislumbra, sin embargo, un mayor énfasis sobre el mejoramiento de la práctica, es decir, sobre el desarrollo, por un lado, de un tipo de enseñanza más potente y de mejores entornos de aprendizaje y, por el otro, el profesional de los docentes, como se puede ver en la figura 4. Algunos estudios recientes sobre práctica educativa real —es decir, sobre la interacción entre los procesos de enseñanza y aprendizaje— basados en videgrabaciones en el aula han proporcionado bases empíricas muy sólidas para el desarrollo tanto de la calidad de la enseñanza como para el profesional de los docentes (Stigler, *et al.*, 1999; Roth *et al.*, 2001; Duit *et al.*, 2005). Anderson y Helms (2001) afirma, sin embargo, que se necesitan urgentemente más estudios sobre las prácticas reales de enseñanza y aprendizaje.

Este llamado está acorde con el argumento esgrimido antes de que, si lo que se pretende es mejorar la práctica, la investigación no debería limitarse a los estudios sobre lo que funciona en ella, sino que debería incluir trabajos sobre el estado actual de las prácticas educativas; en efecto, éstos

podrían proporcionar a quienes establecen las políticas, desarrollan currículos y elaboran los planes educativos datos sobre cuáles son los enfoques educativos más eficientes. Los desarrollos más recientes a los que hemos aludido parecen ir en este sentido.

Ideas acerca de la investigación en enseñanza de las ciencias

“Como campo de investigación, la enseñanza de las ciencias presenta varias facetas, desde el punto de vista tanto metodológico como conceptual e institucional” (Jenkins, 2001:22). Los apartados anteriores han servido para mostrar la gran variedad de concepciones que existen en el campo. En éste se revisarán los intentos más significativos de analizarlo disciplinario. Uno de los puntos específicos consistirá en señalar en qué se distinguen dichas concepciones de los conceptos desarrollados con base en el modelo de reconstrucción educativa que aquí se presenta.

El estado de la cuestión se ve fuertemente marcado por los manuales de didáctica de las ciencias, hoy día destacan dos: El *Handbook of research on science teaching and learning* (*Manual para la investigación en enseñanza y aprendizaje de las ciencias*) editado por Gabel (1994) y el *International handbook of science education* (*Manual internacional de enseñanza de las ciencias*), editado por Fraser y Tobin (1998). Mientras que el de Gabel se centra en la investigación que se lleva a cabo en Norteamérica, el de Fraser y Tobin ofrece una perspectiva mucho más internacional. Curiosamente, en ninguno de los dos se desarrolla explícitamente una concepción específica del campo de la enseñanza de las ciencias. La elección de los campos que se presentan en los capítulos de los manuales es justificada por razones pragmáticas al afirmar que sus respectivas estructuras son el resultado de un acuerdo del comité editorial (Gabel, 1994:ix) o de un consenso de los editores (Fraser y Tobin, 1998). Jenkins (2001), como ya apuntamos, opina que:

[...] los capítulos subsiguientes del *Manual* [de Fraser y Tobin], a pesar de su diversidad, parecen partir del presupuesto de que la enseñanza de las ciencias es un campo de actividad que sólo tiene que ver con la práctica de la enseñanza y del aprendizaje, incluyendo actividades de apoyo como la evaluación y la formación de los docentes. De este modo, la investigación en enseñanza de las ciencias tiene como propósito el mejoramiento de las prácticas docentes, es decir, la promoción de una mayor equidad, la eficientización de las tecnologías educativas y el desarrollo de instrumentos más informativos para las evaluaciones

formativas, recapitulativas o de diagnóstico. Esta visión de la investigación en enseñanza de las ciencias tiene una larga tradición y ha sido muy influida por la tradición empírica que ha predominado en la enseñanza de las ciencias en Estados Unidos a lo largo del siglo XX (Jenkins, 2001:23-24).

Esta forma de ver las cosas también es la de Gabel (1994). Por lo menos, en ambos manuales el mayor énfasis se pone en “lo que funciona” (en el sentido expresado por Millar, 2003), y se presta menos atención a otros recursos destinados a mejorar la práctica, de los que tratamos en este artículo (por ejemplo, la figura 4). Pero las ideas que subyacen a la concepción de ambos manuales difieren también en otro punto clave de lo que presentamos aquí: los problemas vinculados con la investigación a los que aludimos en el apartado sobre “Análisis de la estructura de los contenidos” ocupan en ellos un lugar completamente marginal.

El *Handbook of research on science education* (*Manual de investigación sobre enseñanza de las ciencias*), editado por Abell y Lederman (2006a), ofrece un panorama internacional del estado real de la investigación en el campo. Sin embargo, se pidió a los autores provenientes de distintos países no sólo que revisaran lo que se había hecho en el campo específico que analizaron, sino también que proporcionaran una visión de conjunto de los temas más importantes para investigaciones futuras. El libro está dividido en cinco secciones y un total de cuarenta capítulos.

La figura 5 ofrece un panorama de los contenidos de los capítulos que conforman el manual y permite, por lo tanto, una mirada de conjunto sobre lo que los editores consideran los puntos más destacados de la investigación actual en enseñanza de las ciencias. Los capítulos de introducción (Abell y Lederman, 2006b) esbozan una visión de la investigación sobre enseñanza de las ciencias que se acerca a la que presentamos aquí, basada en el modelo de reconstrucción educativa. Apoyándose en la posición de Shulman (1987), a la que referimos antes y conocida como del “conocimiento pedagógico de los contenidos” o PCK, los editores consideran que el problema de las materias y las cuestiones pedagógicas merecen la misma atención. Además, una preocupación mayor es mejorar la práctica en el sentido amplio al que hace referencia Millar (2003). Afirman explícitamente que el manual ha sido escrito para los investigadores, pero que es tarea de ellos interpretar y transformar su contenido para otros miembros de la comunidad, entre otros, los docentes.

FIGURA 5

Apartados y capítulos del Handbook of science education research, editado por Abell y Lederman (2006a)

<p>Aprendizaje de las ciencias</p> <ul style="list-style-type: none">• Perspectivas del aprendizaje de las ciencias• Concepciones de los estudiantes y aprendizaje conceptual en el ámbito científico• Aprendizaje de la lengua y de las ciencias• Construcción de actitudes y de motivaciones en el aprendizaje de las ciencias• Entorno de aprendizaje en el aula• Aprendizaje de las ciencias fuera del ámbito escolar	<p>Cultura, género, sociedad y aprendizaje de las ciencias</p> <ul style="list-style-type: none">• Educación en ciencias y diversidad de los estudiantes: problemas étnicos, lingüísticos y culturales• Postcolonialismo, estudiantes indígenas y aprendizaje de las ciencias• Problemas específicos del aprendizaje de las ciencias en una perspectiva internacional• Necesidades y habilidades específicas para el aprendizaje de las ciencias• Problemas de género en la investigación sobre enseñanza de las ciencias• El aprendizaje de las ciencias en entornos urbanos y rurales	<p>Enseñanza de las ciencias</p> <ul style="list-style-type: none">• Métodos y estrategias generales de enseñanza• Laboratorios científicos• El discurso en el aula en las clases de ciencias• Investigaciones sobre tecnología y ciencias en el aula• Enseñanza básica de las ciencias• Enseñanza interdisciplinaria de las ciencias• Enseñanza de la biología/ química/ física/ geografía• Educación ambiental
<p>Currículo y evaluación en el ámbito científico</p> <ul style="list-style-type: none">• Alfabetización en ciencias• Historia de las reformas curriculares en la enseñanza de las ciencias• Investigación científica y planes de estudios para las ciencias• Investigaciones sobre la naturaleza de las ciencias• El futuro de los planes de estudios para las ciencias• Reforma sistémica en enseñanza de las ciencias• Evaluación de los programas de enseñanza de las ciencias• Evaluación de la enseñanza de las ciencias en el aula• Evaluación a gran escala de la enseñanza de las ciencias	<p>Formación de los profesores de ciencias</p> <ul style="list-style-type: none">• Los profesores de ciencias como individuos que aprenden• Actitudes y creencias de los profesores de ciencias• Investigación sobre los conocimientos que poseen los profesores de ciencias• Cómo aprender a enseñar ciencias• El desarrollo profesional de los docentes en el ámbito científico• Los profesores de ciencias como investigadores	

Como parte del *Handbook on teaching (Manual de docencia)*, editado por la Asociación Norteamericana de Investigación en Educación (*American Educational Research Association, AERA*), White (2001) revisa el desarrollo de la enseñanza de las ciencias como un campo de investigación autónomo

durante las últimas tres décadas. Señala los cambios más importantes en los centros de interés de los investigadores, con una atención particular hacia el tipo de estudio que se llevó a cabo. Los distintos tipos dependen de las perspectivas epistemológicas sobre enseñanza y aprendizaje y de los métodos empleados. Para White (2001:465):

[...] al inicio de ese periodo [1975], la mayor parte de los estudios sobre enseñanza consistía en evaluaciones sobre métodos predeterminados, desarrollados y controlados por el investigador. A menudo el método que interesaba al investigador se tachaba de “experimental” y se comparaba con otro método menos apto según el juicio del investigador, al cual se le atribuía el calificativo de “método de control”. Cada uno de esos métodos se tomaba como elemento representativo de una serie de métodos similares. Los investigadores tenían en mente que los profesores y los que elaboran los planes de estudio tomarían en cuenta sus conclusiones acerca de los métodos y las pondrían en práctica. Pero fueron en gran medida decepcionados, y, finalmente, esta decepción llevó a la revolución. Los investigadores se dieron cuenta de que para que los resultados de sus estudios influyeran realmente en la práctica tenían que tomar en cuenta la naturaleza compleja de la enseñanza y del aprendizaje. Por eso regresaron a describir la complejidad para entenderla antes de intentar manejarla.

White afirma, por lo tanto, que explicar la complejidad del proceso de enseñanza y aprendizaje se ha convertido en el método de investigación más difundido en la enseñanza de las ciencias. Pero también señala que esta mera explicación es incompleta: puesto que la educación es intervencionista, también necesita encontrar la forma en la que puede participar eficazmente. Por ello, para el autor “la siguiente etapa de la revolución podría ser el regreso de los experimentos de una forma más sutil y compleja que los de la época anterior” (2001:467). Resulta claro que este tipo de investigación se sitúa en la línea de los intentos actuales a gran escala de mejorar las prácticas de enseñanza de las ciencias que esbozamos en la figura 4. Un punto interesante al respecto es, sin duda, lo que dice White (2001:467) sobre la investigación sobre investigación. Afirma que es de vital importancia no sólo conocer las influencias que tendrá a largo plazo la indagación sobre los currículos, la naturaleza de los textos y los métodos de enseñanza, sino también saber qué valor le otorgan los docentes a la investigación en su práctica.

Concepciones de la enseñanza de las ciencias que parten de un punto de vista distinto son las que se discuten en Fensham (2004). Con base en las entrevistas de aproximadamente 75 profesores de ciencias ubicados en distintas partes del mundo, el autor ofrece un panorama del desarrollo de la gama muy extendida de concepciones que se tienen hoy de la investigación en enseñanza de las ciencias.

FIGURA 6

Criterios para el análisis de la enseñanza de las ciencias como campo de investigación (Fensham, 2004)

Criterios estructurales
E1: Reconocimiento académico
E2: Revistas de investigación
E3: Asociaciones profesionales
E4: Congresos de investigación
Criterios internos de la investigación
I1: Conocimiento científico
I2: Formulación de preguntas
I3: Desarrollo conceptual y teórico
I4: Metodologías de investigación
I5: Progreso
I6: Publicaciones modelo
I7: Publicaciones seminales
Criterios de resultados
R1: Implicaciones para la práctica en el aula

El análisis de Fensham incluye las perspectivas siguientes: *a)* la identidad de la enseñanza de las ciencias como un campo de estudio autónomo, *b)* el investigador como individuo y *c)* las tendencias en la indagación. También desarrolló un conjunto de categorías para interpretar las entrevistas con investigadores con base en una revisión del desarrollo de la enseñanza de las ciencias durante las décadas pasadas. A estas categorías (figura 6) subyace una idea de la enseñanza de las ciencias como un campo de estudio interdisciplinario tal y como lo presentan Dahncke *et al.* (2001), quienes se basan en la concepción esbozada en la figura 1. Resulta interesante

ver que el único criterio relacionado con los resultados es el de las implicaciones para la práctica en el aula, que corresponde al énfasis sobre la concepción de la investigación sobre enseñanza de las ciencias que aquí defendemos. Puesto que la primera intención del análisis de Fensham consiste en indagar la variedad de las diversas concepciones dentro de la comunidad investigadora, resulta difícil resumir en pocas palabras las características principales desplegadas en este libro.

Un panorama basado explícitamente en una colaboración estrecha entre profesores de ciencias y psicólogos cognitivistas es el artículo “*Framework for empirical research on science teaching and learning*” (“Marco de referencia para la investigación empírica en enseñanza y aprendizaje de las ciencias”) publicado por Fischer *et al.* (2005). Esta revisión se basa en el “Framework model of the analysis of students performance” (“Modelo de referencia del análisis del desempeño de los estudiantes”, desarrollado por Baumert *et al.* (2002) con el propósito de interpretar los resultados del examen de evaluación internacional PISA. Este modelo incluye temas relacionados sobre la situación actual por lo que respecta a la enseñanza y el aprendizaje, pero también la influencia de variables que provienen de los contextos en los que se insertan la enseñanza y el aprendizaje.

Otro marco de referencia importante es la teoría del modelo básico (“Basis-Model” theory) de Oser y Patry (1994). De acuerdo con ésta, los docentes emplean un número limitado de modelos básicos (por ejemplo, aprender por medio de la experiencia, cambios conceptuales, resolución de problemas, aprendizaje de arriba hacia abajo, aprender a negociar, etc.), que pueden emplearse para describir con precisión el comportamiento del maestro en el aula. Por supuesto, en un solo artículo no se puede ofrecer una visión global del fenómeno; sin embargo, de allí se pueden sacar nuevas perspectivas muy valiosas, sobre todo con respecto a temas (como la integración y el secuenciamiento de los contenidos) que los manuales suelen pasar por alto. Por lo que respecta a la relevancia de las cuestiones relacionadas con los contenidos, Fischer *et al.* (2005, 334) llegan a la conclusión de que los enfoques que sólo se preocupan por el contenido no llevan al mejoramiento de las prácticas. Este descubrimiento puede considerarse un argumento en favor de la adopción del modelo de reconstrucción y, por lo tanto, de la idea sobre investigación en enseñanza de las ciencias que defendemos aquí, para la cual los problemas de contenido no pueden ser desvinculados de las cuestiones educativas.

Finalmente, en Duit, 2006 puede encontrarse el estado de la cuestión actual de la investigación empírica sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, con un énfasis específico en la investigación que parte de presupuestos constructivistas.

En resumen

Nos hemos dado a la tarea presentar en los apartados anteriores una concepción de la investigación en enseñanza de las ciencias muy importante para el mejoramiento de la práctica educativa. Pudimos ver cómo los investigadores, para conseguir este objetivo, deben contar con un amplio espectro de competencias provenientes de varias disciplinas y esto requiere de un equilibrio entre las cuestiones vinculadas con los contenidos y las que tienen que ver con las formas de aprender dichos contenidos. El modelo de reconstrucción que aquí proponemos ofrece un marco de referencia para la investigación que nos ayuda a lograr el propósito de mejorar la práctica educativa. La enseñanza de las ciencias vista desde esta perspectiva consta de varias facetas, y se pueden distinguir en ella cuatro ámbitos primordiales:

- El análisis de la estructura de los contenidos
- La investigación sobre enseñanza y aprendizaje
- El desarrollo y la evaluación de la enseñanza/ diseño instruccional
- La investigación sobre cuestiones curriculares y sobre políticas relacionadas con la enseñanza de las ciencias

Duit y Tiberghien (2005) sugirieron un conjunto preliminar de temas clave que podrían ofrecer un panorama adicional de las distintas facetas que deberían ser tomadas en cuentas en la investigación sobre enseñanza de las ciencias:

- 1) Concepciones sobre la enseñanza de las ciencias como campo de investigación autónomo
- 2) Consideraciones epistemológicas y ontológicas sobre las ciencias
- 3) Consideraciones epistemológicas sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias
- 4) Metodologías de investigación
- 5) Propósitos de la enseñanza de las ciencias / legitimación

- 6) Géneros y problemas de equidad
- 7) Contenidos de la enseñanza de las ciencias
- 8) Enseñanza y el aprendizaje de las ciencias
- 9) Desarrollo profesional de los docentes
- 10) Evaluación
- 11) Diseño instruccional
- 12) Problemas curriculares y políticas relacionadas con la enseñanza de las ciencias

Estos doce temas ofrecen un marco de referencia que servirá tanto para planear la investigación en enseñanza de las ciencias como para analizar los trabajos que se pueden rastrear en las publicaciones relacionadas con el campo. Como lo discutimos anteriormente de forma más detallada, como disciplina académica, la enseñanza de las ciencias debería tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Es una disciplina interdisciplinaria (figura 1), cuyo propósito es el mejoramiento de la enseñanza y del aprendizaje en varios ámbitos de prácticas.
- Para facilitar este mejoramiento, la investigación no debería limitarse a analizar lo que funciona o no, sino también incluir estudios sobre los principales problemas y las deficiencias de las prácticas educativas en general.
- Los responsables de enseñar ciencias necesitan poseer múltiples competencias no sólo en ciencias, sino también en un número relativamente elevado de disciplinas de referencia (figura 1).
- La enseñanza de las ciencias debe vincular las cuestiones relacionadas con las ciencias como materia de estudio con los problemas pedagógicos y psicológicos que implican su enseñanza.
- La investigación y el desarrollo están estrechamente vinculados e insertados en un contexto curricular complejo. Se debe poner más énfasis sobre la investigación aplicada, por ejemplo, la del diseño.

Sólo una investigación en enseñanza de las ciencias que tome en cuenta esta características ofrecerá los prerrequisitos necesarios para mejorar realmente las prácticas educativas. Sin embargo, también es preciso prestar atención a otro problema. El mejoramiento de las competencias de los

docentes y la calidad de la enseñanza siempre se deben a la estrecha interacción de muchas variables; se puede, por lo tanto, esperar que no mejore el desempeño de los estudiantes si sólo se cambia una, por ejemplo introduciendo nuevos experimentos o simulaciones informáticas. Por lo general, acciones tan sencillas no funcionan.

Notas

¹ Esta explicación está basada en una declaración hecha por una asociación alemana para la educación basada en contenidos (KVFF, 1998, 13f).

² Véase también Fensham, Gunstone y White (1994).

³ El modelo de reconstrucción educativa se ha desarrollado en estrecha colaboración con Ulrich Kattman (Universidad de Oldenburg), Harald Gropengießer (Universidad de Hannover) y Reinders Duit y Michael Komorek (IPN Kiel) (Kattmann, Duit, Gropengießer, y Komorek, 1995). Un breve resumen del modelo es presentado por Duit, Kattmann y Gropengießer (2005). El modelo ha sido el marco de varios proyectos llevados a cabo en el IPN en Kiel, por ejemplo en la reconstrucción de sistemas no lineares (Komorek y Duit, 2004). En la Universidad de Oldenburg el modelo sirve como marco teórico de un programa para estudiantes de posgrado en ciencias: <http://www.diz.uni-oldenburg.de/forschung/ProDid/Prodid-Programm-E.htm>.

⁴ Cabe no perder de vista el hecho de que la palabra *didactic* empleada en el ámbito de la educación tiene en inglés un sentido mucho más restringido que la *Didaktik* alemana, pues *didactic* sólo denota cuestiones relacionadas con el carácter técnico de la educación. La misma distinción también se puede observar en español (N del T).

⁵ Valdría la pena explicar brevemente el término “estructura de contenidos”. En este sintagma, “contenido” remite a las ciencias como materia y “estructura” a la relevancia de la estructura interna de los contenidos.

⁶ White (2001:463) señala también que la extensión de los artículos en las revistas más importantes del campo ha ido aumentando de forma sustancial, de un promedio de siete páginas, en 1975, a aproximadamente 15, en 1995, y esto debido a un cambio de un tipo de investigación más experimental hacia estudios más descriptivos. Como consecuencia de este incremento no ha variado sensiblemente el número de artículos por revista (10% aproximadamente).

Referencias bibliográficas

- Abd-El-Khalick, F. y Lederman, N. G. (2000). “Improving science teachers’ conceptions of nature of science: A critical review of the literature”, *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-702.
- Abell, S.K. y Lederman, N.G. (2006a). *Handbook of research on science education*, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum (en prensa).
- Anderson, R. D. y Helms, J. V. (2001). “The ideal standards and reality of school: Needed research”, *Journal of Research in Science Teaching*, 38(1), 3-16.
- Abell, S.K. y Lederman, N.G. (2006b). “Chapter 1. Introduction”, en S.K. Abell y N.G. Lederman (eds.), *Handbook of research on science education*, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum (en prensa).
- Baumert, J. et al. (eds). (2002). *PISA 2000: Die Länder der Bundesrepublik Deutschland im Vergleich [PISA 2000: Comparing the German federal states]*, Opladen: Leske & Budrich, pp. 11-38.

- Beaton, A. E. *et al.* (1996). *Science achievement in the middle school years. IEA's Third International Mathematics and Science Study*, Chestnut Hill, MA: Boston College.
- Beeth, M. *et al.* (2003). "Quality development projects in science education", en D. Psillos *et al.* (eds.), *Science education research in the knowledge based society*, Dordrecht: Kluwer, pp. 447-457.
- Bliss, J. (1995). "Piaget and after: The case of learning science", *Studies in Science Education*, 25, 139-172.
- Bybee, R.W. (1997). "Towards an understanding of scientific literacy", en W. Gräber y K. Bolte (eds.), *Scientific literacy*, Kiel: IPN-Leibniz-Institute for Science Education, pp. 37-68.
- Cobb, P. *et al.* (2003). "Design experiments in education research", *Educational Researcher*, 32, 1, 9-13.
- Dahncke, H. *et al.* (2001). "Science education versus science in the academy: Questions-discussions-perspectives", en H. Behrendt, *et al.* (eds.), *Research in science education. Past, present, and future*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 43-48.
- Driver, R. y Easley, J. A. (1978). "Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students", *Studies in Science Education*, 5, 61-84.
- Driver, R. y Erickson, G. L. (1983). "Theories-in-action: Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science", *Studies in Science Education*, 10, 37-60.
- Duit, R. (2006). *Bibliography STCSE-Teachers' and Students' Conceptions and Science Education*, Kiel: IPN-Leibniz Institute for Science Education (<http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html>).
- Duit, R. y Tiberghien, A. (2005). "Proposal for a series: ESERA - Science Education Research Letters, occasional paper, presentado en la Biannual Meeting of European Science Education Research Association (ESERA), Barcelona, agosto.
- Duit, R., Gropengießer, H. y Kattmann, U. (2005). "Towards science education research that is relevant for improving practice: The model of educational reconstruction", en H.E. Fischer (ed.), *Developing standards in research on science education*, Londres: Taylor & Francis, pp. 1-9.
- Duit, R. *et al.* (2005). "Potential of video studies in research on teaching and learning science", en R. Pintó y D. Couso (eds.), *Proceedings of the Fifth International ESERA Conference on Contributions of Research to Enhancing Students' Interests in Learning Science*. Barcelona: UAB, pp. 829-842.
- Duit, R.; Komorek, M. y Müller, C. T. (2004). *Fachdidaktisches Denken [Subject related educational thinking]*, occasional paper, Kiel: IPN-Leibniz-Institute for Science Education.
- Duit, R. y Treagust, D. F. (2003). "Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning", *International Journal of Science Education*, 25(6), 671-688.
- Duit, R. y Treagust, D. (1998). "Learning in science: From behaviourisms towards social constructivism and beyond", en B. Fraser y K. Tobin (eds.) *International Handbook of Science Education*, Dordrecht, The Netherlands: Kluwer, pp. 3-25.

- Duit, R.; Komorek, M. y Wilbers, J. (1997). "Studies on educational reconstruction of chaos theory", *Research in Science Education*, 27, 1997, 339-357.
- Fensham, P. (2000). "Providing suitable content in the 'science for all' curriculum", en R. Millar, J. Leach, y J. Osborne (eds.), *Improving science education*, Buckingham, UK: Open University Press, pp. 147-164.
- Fensham, P. (2001). "Science content as problematic: Issues for research", en H. Behrendt, et al. (eds.) *Research in science education. Past, present, and future*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 27-41.
- Fensham, P. (2004). *Defining an identity: The evolution of science education as a field of research*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Fernsham, P.; Gunstone, R. y White, R. (eds.) (1994). *The content of science: A constructivist approach to its teaching and learning*, Londres, UK: Falmer.
- Fischer, H.E. et al. (2005). "Framework for empirical research on science teaching and learning", *Journal of Science Teacher Education*, 16, 309-349.
- Fraser, B. y Tobin, K. (eds.) (1998). *International handbook of science education*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Gabel, D. (ed.) (1994). *Handbook of research on science teaching and learning*, Nueva York: Macmillan Publishing Company.
- Gess-Newsome, J. y Lederman, N. (eds.) (1999). *Examining pedagogical content knowledge*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Gibbons, M. et al. (1994). *The new production of knowledge. The dynamics of science and research in contemporary societies*, Londres: Sage.
- Heimann, P.; Otto, G. y Schulz, W. (1969). *Unterricht, Analyse und Planung [Instruction-analysis and planning]*, 4ª ed., Hannover: Schroedel.
- Hopman, S. y Riquarts, K. (eds.) (1995). *Didaktik and/or curriculum*, Kiel: IPN-Leibniz-Institute for Science Education.
- Jenkins, E. (2001). "Research in science education in Europe: Retrospect and prospect", en H. Behrendt et al. (eds.) *Research in science education. Past, present, and future*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 17-26.
- Kaestle, C.F. (1993). "The awful reputation of educational research", *Educational Researcher*, 22(1), 23-31.
- Kattmann, U. (2001). "Aquatics, flyers, creepers and terrestrials-students' conceptions of animal classification", *Journal of Biological Education*, 35, 3, 141-147.
- Kattmann, U. (2004). "Unterrichtsreflexion im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion" ["Thinking about instruction within the framework of Educational Reconstruction"], *Das Seminar*, 10 (3), 40-51.
- Kattmann, U. et al. (1995). "A model of educational reconstruction", trabajo presentado en *Annual Meeting of the National Association of Research in Science Teaching* (NARST), San Francisco, abril.
- Klafki, W. (1969). "Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung" ["Educational analysis as the kernel of planning instruction"], en H. Roth y A. Blumental (eds.), *Auswahl, Didaktische Analyse*, 10ª ed., Hannover: Schroedel.

- Komorek, M.; Wendorff y Duit, R. (2002). "Expertenbefragung zum Bildungswert der nichtlinearen Physik" ["Experts' views of the educational significance of non-linear physics"], *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 8, 33-51.
- Komorek, M. y Duit, R. (2004). "The teaching experiment as a powerful method to develop and evaluate teaching and learning sequences in the domain of non-linear systems", *International Journal of Science Education*, 26, 619-633.
- KVFF (1998). *Fachdidaktik in Forschung und Lehre [Domain specific Didaktik in research and teaching]*, Kiel: IPN-Leibniz-Institute for Science Education.
- Leach, J. y Scott, P. (2002). "Designing and evaluation science teaching sequences: An approach drawing upon the concept of learning demand and a social constructivist perspective on learning", *Studies in Science Education*, 38: 115-142.
- Lijnse, P. (1995). "'Developmental research' as a way to an empirically based 'didactical structure' of science", *Science Education*, 79, 189-199.
- McComas, W. F. (ed.) (1998). *The nature of science in science education rationales and strategies*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Millar, R. (2003). "What can we reasonably expect of research in science education?", en D. Psillos *et al.* (eds.) *Science education research in the knowledge based society*, Dordrecht: Kluwer, pp. 3-8.
- OECD-PISA (2005). *Learning for tomorrow's world. First results from PISA 2003*, París: OCDE (<http://www.pisa.oecd.org>).
- Osborne, J. C. *et al.* (2003). "What 'ideas-about-science' should be taught in school science? A Delphi study of the expert community", *Journal of Research in Science Teaching* 40(7), 692-720.
- Oser, F.K. y Patry, J.L. (1994). "Sichtstrukturen und Basismodelle des Unterrichts: Über den Zusammenhang von Lehren und Lernen unter dem Gesichtspunkt psychologischer Lernverläufe", en R. Olechowski y B. Rollet (eds.), *Theorie und Praxis-Aspekte empirisch pädagogischer Forschung-qualitative und quantitative Methoden*, Frankfurt: Peter Lang, pp. 138-146.
- Phillips, D.C. (ed.) (2000). *Constructivism in education: Opinions and second opinions on controversial issues*, Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Psillos, D. (2001). "Science education researchers and research in transition: Issues and policies", en H. Behrendt *et al.* (eds.) *Research in science education. Past, present, and future*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 11-16.
- Roth, K. J. *et al.* (2001). "Uses of video-based technology and conceptual tools in research: the case of the TIMSS-R Video Study", trabajo presentado en *Annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching* (NARST), St. Louis, MO.
- Roth, W. M. *et al.* (2002). "Lessons on and from the Dihybrid Cross: An activity - theoretical study of learning in co-teaching", *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3): 253-282.
- Schnotz, W.; Vosniadou, S. y Carretero, M. (eds.) (1999). *New perspectives on conceptual change*, Amsterdam: Pergamon.
- Shulman, L. S. (1987). "Knowledge and teaching: Foundations of the new reform", *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-21.

- Steffe, L. y Gale, J. (eds.) (1995). *Constructivism in education*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Stigler, J.W. et al. (1999). *The TIMSS Videotape Classroom Study. Methods and findings from an exploratory research project on eighth-grade mathematics instruction in Germany, Japan and the United States*, Washington, DC: Department of Education.
- Tobin, K. (ed.) (1993). *The practice of constructivism in science education*, Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.
- Vosniadou, S. (1996). "Towards a revised cognitive psychology for new advances in learning and instruction", *Learning and Instruction*, 6, 95-109.
- West, L. y Staub, F. C. (2003). *Content-focused coaching: Transforming mathematics lessons*, Portsmouth, NH: Heinemann/Pittsburgh: University of Pittsburgh.
- Westbury, L.; Hopmann, S. y Riquarts, K. (eds.) (2000). *Teaching as reflective practice. The German Didaktik tradition*, Mahwah, N.J.: Erlbaum.
- White, R. (2001). "The revolution in research on science teaching", en V. Richardson (ed.) *Handbook of research on teaching*, 4ª ed., Washington, DC: American Educational Research Association, pp. 457-472.
- Widodo, A. (2004). *Constructivist oriented lessons: The learning environment and the teaching sequences*, Frankfurt: Peter Lang.
- Wright, E. (1993). "The irrelevancy of science education research: perception or reality?", *NARST News*, 35(1), 1-2.

Traducción: Laurette Godinas