

EL DESARROLLO DE LA METACOGNICIÓN EN EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS: ESTRATEGIAS PARA EL PROFESOR Y ACTIVIDADES ORIENTADAS AL ALUMNO

CAMPANARIO, JUAN MIGUEL

Grupo de Investigación en Aprendizaje de las Ciencias. Departamento de Física
Universidad de Alcalá. 28871 Alcalá de Henares. Madrid
E-mail: fscampanario@alcala.es

SUMMARY

In this paper we review some teaching approaches and teaching resources suggested in the literature on science teaching to encourage the use of metacognitive strategies by students when learning science.

INTRODUCCIÓN

En un trabajo anterior se discutió la incidencia de la metacognición y de las estrategias metacognitivas en el aprendizaje de las ciencias y se plantearon diversas situaciones en las que carencias relacionadas con este tipo de estrategias ayudan a entender muchos de los fallos, errores y dificultades de los alumnos en el aprendizaje de las ciencias (Campanario, Cuerva, Moya y Otero, 1997). Se recomienda la lectura del trabajo citado, ya que sirve de marco conceptual más amplio para entender este artículo. Recordemos, en cualquier caso, la definición clásica de Flavell según la cual «la metacognición se refiere al conocimiento que uno tiene sobre los propios procesos y productos cognitivos o sobre cualquier cosa relacionada con ellos, es decir, las propiedades de la información o los datos relevantes para el aprendizaje. Por ejemplo, estoy implicado en metacognición (metamemoria, metaaprendizaje, metaatención, metalenguaje, etc.) si me doy cuenta de que tengo más

problemas al aprender A que al aprender B, si me ocurre que debo comprobar C antes de aceptarlo como un hecho... La metacognición se refiere, entre otras cosas, al control y la orquestación y regulación subsiguiente de estos procesos» (Flavell, 1976, p. 232).

En el trabajo anterior se revisaba el papel de la metacognición en aspectos como aprendizaje autorregulado, resolución de problemas, el cambio conceptual, los criterios de comprensión y explicación que utilizan los alumnos, sus concepciones sobre la ciencia, el conocimiento científico y el aprendizaje, la formulación de preguntas y la motivación (Campanario, Cuerva, Moya y Otero, 1997). Como una continuación lógica, en este trabajo se presentan y analizan diversas propuestas destinadas al profesor de ciencias y orientadas a fomentar la metacognición y el uso de estrategias metacognitivas en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

Como se señaló en el trabajo anterior, la metacognición no es todavía un área consolidada ni en la investigación en didáctica de las ciencias experimentales ni tampoco en la actuación del profesor de ciencias (Campanario, Cuerva, Moya y Otero, 1997). Todavía no se dispone, por ejemplo, de instrumentos fiables para medir el uso de estrategias metacognitivas, aunque se han hecho algunos intentos para evaluar determinadas estrategias relacionadas con la metacognición (Otero, Campanario y Hopkins, 1992). Por tanto, resulta algo aventurado ofrecer soluciones para problemas generales relacionados con la metacognición. En este artículo se presentan simplemente propuestas *compatibles* con el desarrollo de la metacognición y las estrategias metacognitivas. Sin embargo, se necesitan investigaciones rigurosas para contrastar la efectividad real de algunas de estas propuestas en diversas situaciones y con diferentes alumnos (dependiendo, por ejemplo, de características y diferencias individuales).

Un primer objetivo de este trabajo es ofrecer al profesor de ciencias un repertorio de recursos y sugerencias para que tenga en cuenta la metacognición como factor fundamental en el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias. Un segundo objetivo es sugerir nuevas líneas de investigación educativa en el área de la metacognición.

Se puede considerar que determinados recursos y actividades tienen carácter metacognitivo en la medida en que en su desarrollo son compatibles o inciden en algunos de los aspectos siguientes:

a) Conocimiento o control del propio conocimiento (ideas previas) o procesos cognitivos (estrategias de pensamiento y estrategias de aprendizaje).

b) Autorregulación cognitiva, incluyendo el control del estado actual de la propia comprensión.

c) Ideas adecuadas sobre la estructura, producción y organización del conocimiento, incluyendo las relaciones entre partes aparentemente diferenciadas de un área determinada y, en el caso del conocimiento científico, ideas adecuadas sobre el carácter a menudo contraintuitivo de dicho conocimiento y sobre el papel de los conocimientos previos, de la observación o de la experimentación en la creación de nuevo conocimiento.

Según Zimmerman existen tres razones fundamentales que pueden explicar deficiencias en el uso de estrategias de autorregulación cognitiva en particular (Lan, Bradley y Parr, 1993). En primer lugar, los alumnos pueden pensar que una determinada estrategia conocida por ellos no será útil en un contexto determinado. Además, los alumnos pueden pensar que no serán capaces de ejecutar la estrategia en dicho contexto o, por último, pueden no estar lo suficientemente motivados por el objetivo de una determinada tarea como para poner en práctica este tipo de estrategias. De acuerdo con lo anterior, Lan, Bradley y Parr aconsejan salir al paso de cada uno de estos inconvenientes convenciendo a los alumnos de la utilidad de las estrategias de autorregulación, facilitando su uso y motivándolos para que las apliquen (Lan, Bradley y Parr, 1993).

Los objetivos anteriores chocan con una realidad y es que no parecen existir muchas propuestas explícitas para desarrollar las capacidades metacognitivas en el marco general del cambio conceptual o de la enseñanza como investigación a pesar de la importancia que se concede actualmente a la metacognición en dichos enfoques. Las propuestas que se presentan en este artículo se han recopilado a partir de fuentes y orientaciones diversas y, por tanto, no están integradas en un marco coherente en el que la metacognición sea un elemento articulador del mismo. Muchos de los recursos que se discuten en este artículo no son nuevos. Tal vez lo más novedoso de estas propuestas es la forma en que se utilizan por el profesor de ciencias en un intento decidido por tener en cuenta la metacognición. Las propuestas que se discuten se han agrupado en dos grandes bloques:

a) Estrategias dirigidas al profesor. Se trata de orientaciones generales de las actividades de clase, elección de determinados enfoques o utilización de recursos tradicionales con una orientación metacognitiva.

b) Recursos y actividades orientadas a los alumnos. Aquí se recogen propuestas para orientar el trabajo de los alumnos o para que éstos enfoquen determinadas tareas con una orientación metacognitiva. Lógicamente la aplicación de las actividades y recursos orientados a los alumnos depende de la elección y desarrollo de los mismos por parte del profesor.

ESTRATEGIAS DIRIGIDAS AL PROFESOR

En este apartado se recogen propuestas, estrategias generales y orientaciones dirigidas al profesor interesado en fomentar la aplicación de estrategias metacognitivas por parte de sus alumnos.

Programas explícitos de instrucción

Un primer dilema que debe afrontar el profesor interesado en desarrollar en sus alumnos el uso de estrategias metacognitivas es decidirse por un enfoque explícito (en el que el desarrollo y uso de las estrategias metacognitivas por sus alumnos sea el objetivo principal) o decidirse por un enfoque incidental (en el que se aprovechan los contenidos tradicionales de ciencias para desarrollar la metacognición). Ambos enfoques tienen ventajas e inconvenientes. Un enfoque explícito requiere más tiempo, aunque puede ser mucho más riguroso, mientras que un enfoque implícito demuestra la aplicabilidad inmediata de las estrategias a los contenidos propios de la enseñanza, si bien tiene por fuerza menor rigor teórico.

Diversos investigadores han diseñado y aplicado con éxito programas explícitos de instrucción para el desarrollo de diversas estrategias metacognitivas. Los resultados demuestran que con estos programas se puede enseñar a los alumnos de enseñanza primaria y enseñan-

za secundaria a controlar su actuación y a usar estrategias ejecutivas, por ejemplo en tareas de aprendizaje y lectura de textos (Miller, 1985; Palincsar y Brown, 1984; Vauras, 1989; Dewitz, Carr y Patberg, 1987; Alonso Tapia, 1989; Cross y Paris, 1988; Mateos, 1991). En general, los programas de instrucción directa son complejos y en ellos se enseñan a la vez múltiples estrategias (Mateos, 1991). Un análisis más detallado de este tipo de programas puede encontrarse en Campanario (1995) y Mateos (1991). Como ejemplo, se revisan los componentes fundamentales de un programa basado en el método de instrucción directa (Carriedo y Alonso Tapia, 1994):

- 1) **Introducción general:** Se explica a los alumnos el propósito del programa y la utilidad de las estrategias que se van a aprender (control de la coherencia interna de un texto). Se anticipa, asimismo, el contenido y propósito de las actividades que se realizan.
- 2) **Ejemplo:** Se relaciona mediante ejemplos el papel de las estrategias metacognitivas en el proceso de comprensión de un texto.
- 3) **Explicación:** El profesor explica en qué consiste la estrategia y demuestra activamente su aplicación. Se incentiva la participación de los alumnos. El profesor sirve como modelo para los alumnos.
- 4) **Práctica dirigida:** Bajo el control del profesor se realizan ejercicios de aplicación de la estrategia que se enseña.
- 5) **Práctica independiente:** Se proporciona a los alumnos materiales y tareas para que puedan desarrollar por sí mismos la estrategia metacognitiva que se desea que adquieran.

En general, los programas de instrucción directa demuestran un cierto grado de efectividad y aun de transferencia a otras tareas (Campanario, 1995). Sin embargo, su desarrollo exige una dedicación que, sin duda, podría interferir con el desarrollo normal de los programas escolares. Por otra parte, la aplicación de estos programas exige un esfuerzo considerable y tal vez una cualificación técnica y unos conocimientos que no es probable que estén al alcance de todos los profesores.

Dar a conocer los objetivos del proceso de enseñanza-aprendizaje

Los objetivos y metas que persigue el profesor deberían darse a conocer a los alumnos dado que constituyen los puntos de partida que deben orientar la evaluación posterior. Al inicio de cada tema, unidad didáctica o bloque temático se debería dar a conocer a los alumnos cuáles son los resultados previstos del aprendizaje a la vez que se presenta una perspectiva global de la unidad, con una relación de los contenidos y actividades que se van a desarrollar. Asimismo es conveniente que, antes de iniciar una demostración o una actividad de enseñanza, se expliquen brevemente los objetivos que se persiguen con la misma. Ello es así porque mientras que el profesor

tiene una perspectiva más global o a largo plazo de las actividades de enseñanza, los alumnos no siempre tienen esta perspectiva y pueden tener dificultades para encontrar sentido a algunas de las actividades que se realizan. Esto es, los alumnos no saben cómo encaja cada pieza en el rompecabezas global de la unidad didáctica o del tema que se está estudiando. Es conveniente que los alumnos realicen las actividades con un conocimiento de cuáles son los motivos por los que éstas se orientan hacia una determinada dirección y de cuáles son los resultados de aprendizaje que se espera conseguir.

Insistir en el componente problemático del conocimiento

Sin duda, pocos epistemólogos y filósofos de la ciencia discutirán la afirmación de que el conocimiento científico es, en su mayor parte, un intento por resolver determinados problemas conceptuales. Sin embargo, en la forma tradicional en que se presenta el conocimiento científico a los alumnos, no se suele hacer referencia al proceso histórico de producción del mismo (Otero, 1985; Campanario, 1996a). De hecho, existe una distinción comúnmente admitida entre *contexto de descubrimiento* (que tiene que ver con el contexto y los factores que conducen a la producción del nuevo conocimiento) y el *contexto de justificación* (que tiene que ver con la incardinación del nuevo conocimiento en las estructuras conceptuales existentes) (Brush, 1974). La transmisión del conocimiento científico a los alumnos hace referencia, fundamentalmente, al contexto de justificación, siguiendo casi exclusivamente una *retórica de las conclusiones* (Otero, 1985), con escasa atención a los problemas que lo originan.

Una forma de incidir en el desarrollo de la metacognición puede ser precisamente destacar el aspecto problemático de las disciplinas en la medida en que impulsan el desarrollo de los conceptos científicos. Para ello es necesario plantear grandes problemas conceptuales que se solucionan o se intentan solucionar mediante el uso de los contenidos que se presentan en las distintas unidades didácticas. Otra posibilidad consiste en partir de los aspectos aparentemente triviales o familiares de los fenómenos cotidianos, pero que plantean problemas de comprensión a los que, en general, no se suele prestar demasiada atención (¿por qué y cómo dañan los *flashes* fotográficos las pinturas antiguas?). Con este tipo de preguntas se pretende que los alumnos tomen conciencia de que muchas de las cosas que habitualmente no se cuestionan, o que se explican superficialmente, son dignas de ser explicadas con más detalle o, al menos, merecen una atención más profunda. Además, se consigue que los contenidos académicos tengan una razón de ser distinta de su mera relación conceptual con otros contenidos.

Aplicación de los conocimientos científicos a la realidad cotidiana

Igualmente interesante es la aplicación de los conceptos y principios a situaciones cercanas a la realidad cotidiana.

na de los alumnos. Con esta orientación se favorece que los alumnos tomen un papel activo y comiencen a pensar por sí mismos en la aplicación de la ciencia al contexto cotidiano. Además, con ello se contribuye a la motivación de los alumnos y a fomentar actitudes positivas hacia las disciplinas científicas. Por último, esta orientación ayuda a que los alumnos desarrollen ideas más adecuadas sobre el conocimiento científico como algo cercano y aplicable a la realidad cotidiana. En esta dimensión radica fundamentalmente el potencial metacognitivo de este tipo de actividades.

El recurso a la historia de la ciencia

El debate en didáctica de las ciencias sobre las ventajas e inconvenientes del uso de la historia de la ciencia como un instrumento de ayuda es antiguo y un análisis detallado de la bibliografía referente a este aspecto escapa obviamente de los objetivos de este trabajo (Campanario, 1998a; Matthews, 1994). Sin embargo, hay un aspecto de la historia de la ciencia que ha llamado la atención de algunos investigadores en enseñanza de las ciencias, aunque quizá no ha sido explotado debidamente. Se trata de la resistencia al cambio conceptual en ciencia y su evidente paralelismo con la resistencia al cambio conceptual por parte de nuestros alumnos. Hemos tratado este aspecto con más detalle en otros trabajos (Campanario, 1997, 1998a), pero los elementos básicos de este punto de vista son los siguientes:

a) Existe una abundante literatura que demuestra que el cambio conceptual en ciencia es un proceso difícil plagado de dificultades. Como acertadamente señala Kuhn, no es raro que el cambio de un paradigma viejo a uno nuevo resulte difícil y encuentre resistencia por parte de los defensores de los viejos puntos de vista (Kuhn, 1971). Numerosos ejemplos antiguos (Nissani, 1995) y otros más cercanos a nosotros así lo acreditan (Campanario, 1993).

b) Como es sabido, existe una resistencia notable por parte de los alumnos a abandonar sus ideas previas (preconcepciones) sobre los fenómenos científicos y adoptar ideas correctas desde el punto de vista científico (Duit, 1991; Pozo y Carretero, 1987). Precisamente la necesidad de eliminar estas ideas previas ha dado origen a múltiples propuestas orientadas al cambio conceptual o a la construcción de los conceptos por parte de los alumnos (Campanario y Moya, 1998).

c) La historia de la ciencia puede utilizarse con una dimensión *metacognitiva*. Si se consigue que los alumnos sean conscientes de que muchas de sus ideas previas son semejantes a teorías y puntos de vista basados en historia de la ciencia (Pozo, 1987) y que el paso de un punto de vista a otro es difícil también para los científicos, puede ser más fácil que tomen conciencia de la interferencia de sus ideas previas y de la resistencia al cambio conceptual (Campanario, 1998a). Por otra parte, con esta orientación se pueden paliar, de algún modo, las inevitables consecuencias afectivas que tiene descubrir que uno ha estado siempre y continuamente en el error:

hasta los más grandes científicos han experimentado estos errores y resistencias a las nuevas ideas (Campanario, 1993a, 1996b).

Desarrollo de enfoques multidisciplinares

Una de las ventajas de los enfoques interdisciplinares es que ayudan a combatir la tradicional y perjudicial «compartimentalización» de las enseñanzas que pueden dar lugar, entre otros inconvenientes, a ideas equivocadas sobre la ciencia y el conocimiento científico como un conjunto de áreas cerradas y autocontenidas y sin interacción recíproca. Por otra parte, la dinámica actual de la ciencia hace cada vez más útiles enfoques en los que intervienen varias disciplinas. Además, para que una estrategia se transfiera a nuevos dominios es conveniente que se aplique en dichos dominios, por lo que conviene que exista un interés común por parte de los diversos profesores para fomentar en sus asignaturas el uso de estrategias metacognitivas como un todo conjunto. Ésta es otra ventaja de los enfoques multidisciplinares.

Entre los inconvenientes más destacados de este tipo de actividades cabe citar el que exigen un cierto grado de coordinación y acuerdo sobre los objetivos por parte de equipos de profesores, a la vez que se precisa de una selección cuidadosa de contenidos que permitan y faciliten este enfoque. No cabe duda de que muchos problemas contemporáneos, como, por ejemplo, el ahorro de la energía o los problemas medioambientales, pueden tratarse siguiendo enfoques interdisciplinares. La existencia de temas *transversales* en los nuevos planes de estudio tras la reforma educativa fomenta este tipo de tratamientos en los que incluso pueden implicarse disciplinas distintas a las científicas.

Uso de la evaluación como instrumento metacognitivo

La evaluación es otra de las actividades generales de enseñanza con las que se puede fomentar el uso de estrategias metacognitivas. En la enseñanza de cualquier asignatura es conveniente realizar una prueba de *evaluación inicial* con un doble objetivo. Esta prueba resulta útil, por una parte, para contrastar el nivel inicial de conocimientos de los alumnos. Esta evaluación inicial puede servir además como elemento de control para que el propio alumno pueda explicitar sus ideas y tome conciencia de sus conocimientos y de sus progresos a medida que se desarrolla el curso. Los resultados de esta prueba pueden discutirse brevemente en clase.

Es conveniente realizar varios exámenes en cada asignatura para que los alumnos se acostumbren al formato de examen que utiliza el profesor y para que conozcan sus criterios de evaluación (Crooks, 1988). La clásica «eliminación de materia» tan común en nuestras aulas suele ser una concesión del profesor con la que se rebaja el nivel general de exigencia.

Es posible plantear la evaluación como una oportunidad de aprendizaje y una ocasión para aplicar destrezas de

autorregulación metacognitiva. Con el fin de desarrollar la metacognición, es interesante utilizar, entre otras, preguntas del tipo siguiente (Campanario, 1998b):

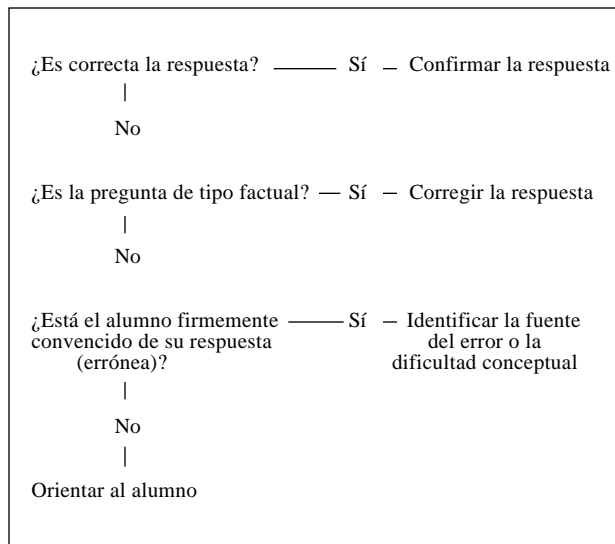
a) Análisis de situaciones que remitan a otras actividades que han sido realizadas anteriormente con el fin de que los alumnos detecten los avances que han realizado.

b) Corrección o comentario de interpretaciones que proporciona el profesor y en las que se incluyen errores conceptuales.

c) Aplicación de los conocimientos aprendidos al análisis de situaciones cotidianas siguiendo un formato similar (aunque unos contenidos diferentes) a las situaciones que se discuten en clase.

Es deseable fomentar las actividades de autoevaluación por parte de los alumnos. Por ello resulta interesante pedir a los alumnos que autoevalúen su grado de confianza en las respuestas que proporcionan a las preguntas utilizando una escala determinada o que autoevalúen sus expectativas y posibilidades de éxito antes de comenzar un examen. Los resultados pueden ser sumamente interesantes. Por ejemplo, Vadhan y Stander encontraron una correlación negativa entre las calificaciones académicas de los alumnos y la estimación que realizan los propios alumnos sobre sus calificaciones (Vadhan y Stander, 1994). Los resultados de las preguntas de los exámenes pueden discutirse en una clase posterior siguiendo las recomendaciones de Crooks, dependiendo del tipo de pregunta (factual o de razonamiento) y de la seguridad de los alumnos en su respuesta de acuerdo con el esquema de la figura 1.

Figura 1
Diagrama de flujo para corregir las respuestas de los alumnos en los exámenes o cuando contestan preguntas en clase (Crooks, 1988).



ACTIVIDADES ORIENTADAS AL ALUMNO

En este apartado se recogen propuestas y recursos que se refieren a actividades o tareas orientadas a los alumnos. La elección, secuenciación y desarrollo de estas tareas se realiza, lógicamente, en el marco del desarrollo de las clases por parte del profesor, pero ahora el énfasis se pone en la actividad de los alumnos.

Actividades: predecir-observar-explicar

Como su propio nombre indica, estas actividades consisten en tres etapas más o menos diferenciadas en las que se movilizan las ideas previas de los sujetos. Los alumnos se enfrentan a una situación experimental y se les pide que expliquen los resultados. No hay que confundir este tipo de actividades con las tradicionales *demonstraciones de cátedra* que, en general, buscan otros objetivos muy distintos. Según Gunstone y Northfield, las actividades predecir-observar-explicar tienen un enorme potencial metacognitivo, dado que con ellas no se busca tanto el falsar las ideas de los alumnos como incidir en sus ideas sobre el aprendizaje de la ciencia y sobre la naturaleza del conocimiento científico. Parece claro que la falsación simple rara vez sirve para eliminar las ideas previas de los alumnos por lo que quizá el objetivo más importante de las actividades predecir-observar-explicar es que los alumnos comprendan el papel de los conocimientos previos en la interpretación de los fenómenos y tomen conciencia de sus propios procesos cognitivos (Gunstone y Northfield, 1994, p. 530). Para facilitar el logro de este objetivo, es fundamental que, durante el desarrollo de la actividad, el profesor haga explícitas las relaciones entre las ideas previas de los alumnos y las teorías que permiten explicar adecuadamente las observaciones realizadas durante las experiencias.

Con las actividades predecir-observar-explicar, las ciencias se aprenden mejor y se aprende sobre las propias concepciones y sobre el propio aprendizaje. Las actividades predecir-observar-explicar motivan a los alumnos y les hacen conscientes de que la ciencia es muchas veces contraintuitiva y que el aprendizaje requiere un cierto esfuerzo de abstracción. Como cualquier profesor sabe, muchas veces los alumnos contestan las preguntas sin haber entendido ni siquiera los planteamientos de las mismas y por ello es útil enfrentarlos al resultado de estas actividades de demostración. Por otra parte, las actividades predecir-observar-explicar ayudan a que los alumnos tomen conciencia de que la ciencia sirve para entender situaciones y problemas cotidianos. Las actividades predecir-observar-explicar se pueden complementar con pequeñas experiencias para desarrollar en casa con materiales sencillos disponibles en el hogar (experiencias de calentamiento o enfriamiento de líquidos, etc.) y los resultados se pueden discutir en clase. Se puede conseguir en poco tiempo una gran cantidad de información sobre las ideas de los alumnos haciendo que, antes de realizar las experiencias, entreguen por escrito sus predicciones y justifiquen brevemente las razones que les llevan a formular tales predicciones. Con este proce-

dimiento se puede conseguir averiguar lo que piensan los alumnos más reacios a participar activamente en clase.

Este tipo de actividades exige las precauciones comunes del trabajo experimental. Es preciso que el profesor tenga en cuenta las ideas previas de los alumnos y sus pautas de razonamiento (Campanario y Otero, 1998), que, como es sabido, pueden dirigir la observación a aspectos irrelevantes de las experiencias (Pozo, Sanz, Gómez y Limón, 1991; Roth, McRobbie, Lucas y Boutonné, 1997). Existe, además, un cierto peligro de que los alumnos solamente tomen en cuenta los resultados de las experiencias que confirman sus propios puntos de vista, algo que también es frecuente incluso con adultos en la vida cotidiana (Mele, 1996).

Mapas conceptuales

Como es sabido, los mapas conceptuales tienen por objeto representar relaciones entre conceptos en forma de proposiciones (Novak y Gowin, 1988). Esas relaciones se representan mediante enlaces y ponen de manifiesto las dependencias, similitudes y diferencias entre conceptos, así como su organización jerárquica. El objetivo de este instrumento es favorecer el aprendizaje significativo y desarrollar la metacognición. Los mapas conceptuales se pueden utilizar como instrumento diagnóstico para explorar lo que los alumnos saben, para organizar secuencias de aprendizaje, para que éstos extraigan el significado de los libros de texto y para organizar y hacer explícita una secuencia de enseñanza. Además, los mapas conceptuales pueden utilizarse como guía para la preparación de trabajos escritos o como técnica de evaluación. En la literatura existen orientaciones detalladas sobre cómo utilizar este recurso en la enseñanza y pueden encontrarse numerosos trabajos que demuestran los resultados positivos que se derivan de su uso (Ontoria, 1992; Lonka, Lindblom-Ylänne y Maury, 1994; Novak y Gowin, 1988). Sirva como muestra, el hecho de que la prestigiosa revista *Journal of Research in Science Teaching* dedicó su número de diciembre de 1990 a una discusión sobre los muchos usos de los mapas conceptuales en enseñanza de las ciencias.

Además de las evidentes ventajas desde el punto de vista del aprendizaje, los mapas conceptuales son útiles desde el punto de vista de la metacognición, ya que ayudan a los alumnos a darse cuenta de sus procesos de aprendizaje y a valorar las relaciones entre conceptos, especialmente las relaciones cruzadas entre conceptos que aparentemente están inconexas. Precisamente, algunos autores consideran que uno de los indicadores más claros de creatividad es la capacidad para identificar relaciones entre conceptos y conocimientos que previamente no estaban relacionados (Novak y Gowin, 1988). Una vez que los alumnos han aprendido a utilizar mapas conceptuales, este instrumento puede utilizarse para fomentar la reflexión sobre la naturaleza del conocimiento y del aprendizaje, lo cual puede contribuir a combatir las concepciones epistemológicas ingenuas que mantienen

los alumnos. Este proceso puede fomentarse haciendo que el alumno reflexione sobre el proceso que sigue en la construcción de los mapas, sobre las decisiones que toma y sobre los criterios que aplica en tales decisiones. No es una casualidad que el libro en el que Novak y Gowin presentan los mapas conceptuales se titule precisamente *Aprendiendo a aprender*.

Sin embargo, los mapas conceptuales por sí mismos no pueden conseguir el aprendizaje significativo. Además, si los profesores se limitan a repartir fotocopias de mapas conceptuales ya elaborados o a exigir la memorización de los mismos, el efecto de los mapas conceptuales en el aprendizaje puede ser incluso negativo. Quizá la forma más acertada de utilizar los mapas conceptuales es en el trabajo en grupo y, naturalmente, son los alumnos quienes deben dedicarse activamente a construir mapas conceptuales contando con la mediación del profesor (Novak y Gowin, 1988).

Diagramas V

El diagrama V de Gowin es una técnica heurística para ilustrar los elementos conceptuales y metodológicos que interactúan en el proceso de construcción del conocimiento o en el análisis de textos (Novak y Gowin, 1988). Como es sabido, un diagrama V se organiza en torno a un *componente conceptual* y otro *componente metodológico* que se refieren a una *pregunta central*. Sin embargo, todos los elementos funcionan de modo integrado para dar sentido a los acontecimientos y objetos observados en el proceso de producción o interpretación del conocimiento. Uno de los objetivos del uso de los diagramas V es que los alumnos presten atención al proceso de creación o interpretación del conocimiento. Como señalan Novak y Gowin, en general, las actividades de los alumnos no están gobernadas conscientemente por la misma clase de ideas conceptuales y teóricas que utilizan los científicos. Muy al contrario, es común que los alumnos recopilen datos o procesen dichos datos sin saber muy bien por qué (Novak y Gowin, 1988, p. 78). Al hacer explícitos todos los componentes se obliga a los alumnos a prestar atención a todos los aspectos implicados en la creación o el análisis del conocimiento. De ahí, que el diagrama V se proponga tanto como un instrumento para ayudar a los alumnos a aprender, como para ayudarlos a *aprender a aprender* y a que reflexionen sobre sus procesos metacognitivos. En ocasiones, un mapa conceptual puede sustituir a toda la parte izquierda del diagrama V, combinando así estas dos técnicas.

Entre las posibles aplicaciones de los diagramas V en la enseñanza cabe destacar el análisis del trabajo de laboratorio, el análisis de textos y su uso como técnica de evaluación. Dado que en un diagrama V se relacionan activamente los componentes metodológico y conceptual de los procesos de creación de conocimiento, resultan especialmente adecuados en el trabajo de laboratorio para relacionar las medidas y diseños experimentales con las fundamentaciones teóricas, algo que muchas veces se da por supuesto en las prácticas de laboratorio tradicionales. Es bien conocido que muchas veces los

alumnos no son capaces de identificar el objetivo de una práctica de laboratorio. Debido a la desorientación general que provoca el no encontrar sentido a las prácticas, los alumnos suelen mostrar un comportamiento aleatorio que «les hace estar muy ocupados sin tener nada que hacer» (Hodson, 1994, p. 304). Peor aún, a veces los alumnos no se dan cuenta de que no han entendido correctamente el objetivo de una práctica de laboratorio y se muestran sorprendidos de los resultados que obtienen. La existencia de una *pregunta central* en el diagrama V lo hace especialmente indicado para identificar precisamente el objetivo de las prácticas de laboratorio.

Un uso adecuado de la bibliografía

El manejo de bibliografía variada es una actividad común en ciencia y es conveniente que incluso los alumnos de la enseñanza secundaria comiencen a acostumbrarse a ella, siempre dentro de unos límites razonables. Sin embargo, los resultados de la investigación en el área de comprensión de textos y nuestra propia experiencia en este terreno nos sugieren que no es aconsejable encomendar a los alumnos, *sin más*, el estudio de determinados capítulos de los libros de texto. Ello es así por varias razones.

En primer lugar, es posible que los alumnos presten más atención a los aspectos microestructurales de los libros de texto (como términos técnicos y expresiones complicadas, desarrollos matemáticos y otros aspectos similares) sin reparar en la organización global de la información ni en los desarrollos conceptuales. No resulta raro, entonces, que los alumnos no sean capaces de encontrar sentido a lo que estudian o no sepan claramente cuál es el objetivo de los distintos apartados o secciones. Por otra parte, la actitud de los alumnos ante los libros de ciencias no siempre es todo lo crítica que debiera ser. Tal como se explicaba en el trabajo anterior, a veces los alumnos no detectan siquiera contradicciones explícitas en textos cortos de ciencias (Campanario, Cuerva, Moya y Otero, 1997; Otero y Campanario, 1990). Otros problemas derivados del procesamiento de textos tienen que ver con la interferencia de las ideas previas de los alumnos y la activación de esquemas inadecuados por parte de los mismos (Otero, 1990), lo que se traduce en problemas de comprensión: como cualquier profesor sabe, no es raro que los alumnos consigan, sin darse cuenta, interpretaciones «disparatadas» de los libros de texto que estudian.

Aunque es difícil eliminar completamente los inconvenientes anteriores, se puede salir del paso de los mismos si se proporciona a los alumnos un marco previo en el que integrar la información que estudian en sus libros de texto. Este marco previo puede consistir en una breve introducción general de los contenidos, en una guía escrita de los aspectos más importantes o en un autocuestionario para que los alumnos estudien con más detalle los aspectos que se consideran más relevantes o más problemáticos. El uso de mapas conceptuales ayuda a los alumnos a descubrir la estructura de conceptos y principios para establecer relaciones entre ellos. Igualmente

útil es hacer explícita la *estructura de alto nivel* de los capítulos y apartados que tienen que estudiar (enumeración, problema-solución, deducción, etc.). Las dificultades y dudas que surjan se pueden discutir en clase. En definitiva, es posible influir en el estudio y procesamiento de los libros de texto por parte de los alumnos para evitar algunos de los inconvenientes más comunes.

Resolución de problemas como pequeñas investigaciones

Como es sabido, la resolución de problemas es una actividad común en la enseñanza de las ciencias a la que se dedica una parte importante del tiempo de clase. Además, la resolución de problemas suele plantearse como un objetivo básico de la enseñanza de las asignaturas de ciencias, aunque es también una fuente formidable de dificultades para los alumnos hasta el punto de que algunos autores constatan numerosas dificultades en esta tarea (Gil, Carrascosa, Furió y Martínez-Torregrosa, 1991; Gil, Martínez-Torregrosa y Senent, 1988). No olvidemos que muchos de los problemas que se resuelven en clase suelen ser meros ejercicios de repetición que podrían resolverse casi siguiendo una receta. Incluso, a veces, los propios libros de texto plantean problemas, por ejemplo, de física, en los que se utilizan valores irreales de las magnitudes implicadas, que se reducen, por tanto, a meras manipulaciones matemáticas (Slisko y Krokhin, 1995). Como cualquier profesor sabe, algunas veces los alumnos operan mecánicamente y son capaces de resolver correctamente los problemas sin «saber» física o química.

Gil, Martínez-Torregrosa y Senent defienden la idea de que en la resolución de problemas en el contexto educativo sería necesaria una orientación que se aproximase al modo en que los científicos abordan los verdaderos problemas (Gil, Martínez-Torregrosa y Senent, 1988). Esta idea es consistente con el uso de un enfoque de aprendizaje como investigación.

La ambigüedad es una característica fundamental de la mayor parte de las situaciones que abordan los científicos y es evidentemente incompatible tanto con la mayoría de las situaciones cerradas que se plantean en los problemas tradicionales como con la atención que se presta a los procesos de cálculo numérico en dichos problemas. La propuesta de resolución de problemas como investigación que formulan estos autores consiste, en esencia, en combatir el operativismo mecánico de raíz y, para ello, nada mejor que eliminar de los enunciados de los problemas aquello que fomenta los enfoques mecánicos y repetitivos: los datos numéricos. Además, los problemas deben plantearse de la manera más abierta posible, eliminando toda posible referencia explícita o implícita a algoritmos estereotipados de solución. La resolución de los problemas se transformaría así en algo muy parecido a un *proceso de investigación*. Este modelo alternativo a la resolución de problemas se materializa en una serie de componentes (que no pasos) tales como el estudio cualitativo de la situación, la formulación de hipótesis fundadas sobre los factores de los que depende

la magnitud que se busca, la elaboración y la discusión de posibles estrategias de solución, la búsqueda de soluciones y análisis de los resultados de acuerdo con las hipótesis iniciales.

Como señala Garret, el énfasis en la resolución de problemas puede hacer suponer a los alumnos que todos los problemas tienen, en principio, solución (Garret, 1988). Es un hecho conocido que algunos problemas conceptuales reales de la ciencia no tienen solución y, sin embargo, han dado lugar a un desarrollo notable de algunas disciplinas. Con los problemas como investigación, el énfasis se traspaasa de la solución a los procesos de planteamiento y análisis. Así, según este autor, más que «resolver problemas», se debería utilizar la expresión «enfrentarse a un problema». Con este enfoque, el énfasis no se pondría tanto en la solución del problema como en los procesos de pensamiento y análisis.

Las ventajas del uso de problemas como investigación desde el punto de vista de la metacognición son evidentes. En primer lugar, los alumnos adquieren una idea más acertada de la actuación cognitiva en las áreas de ciencias. Además, se aleja a los alumnos de enfoques basados en el puro mecanicismo y en la «metodología de la superficialidad» (Gil, Martínez-Torregrosa y Senent, 1988) y se fomenta la reflexión sobre los propios procesos de pensamiento. Por último, como se ha señalado anteriormente, en este enfoque se insiste en actividades como formulación de hipótesis, análisis de información, elaboración y contraste de modelos más que en actividades rutinarias de cálculo. Este tipo de problemas puede ayudar al profesor a incidir sobre la naturaleza del conocimiento científico y de los procesos de pensamiento en ciencia.

Es importante el modo en que se utilizan dichos problemas. No se trata de una mera yuxtaposición de ejercicios, sino de una sucesión ordenada que parte de las ideas de los alumnos y se desarrolla para cubrir los contenidos propuestos. Los problemas tienen que ser diferentes para aumentar su grado de generalización y la aplicación de los conocimientos a nuevas situaciones. De ahí la importancia de encontrar ejemplos apropiados y divergentes que faciliten el proceso de aprendizaje. Se siguen así las conclusiones obvias de la revisión de Shuell, en la que se afirma que el aprendizaje significativo se facilita cuando los contenidos que se estudian se aplican a dominios y ámbitos diferentes (Shuell, 1990).

Resolución de problemas con soluciones contraintuitivas

Aunque el enfoque que se discute aquí puede parecer contradictorio con la propuesta anterior de realización de problemas como investigación, los objetivos relacionados con la metacognición son los mismos en ambas propuestas. A diferencia del enfoque de los problemas de investigación, en esta propuesta se utilizan problemas tradicionales del tipo que habitualmente se emplean en la enseñanza de las ciencias y casi siempre con datos numéricos. La diferencia estriba en que estos problemas

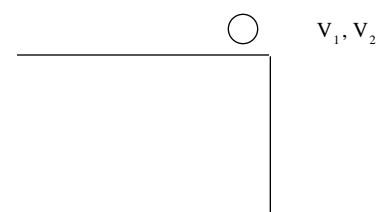
se construyan de manera que su solución sea claramente inconsistente con las ideas previas de los alumnos o que los arrastren al desarrollo de metodologías superficiales y mecánicas de manera que éste obtenga una solución que contradiga las expectativas que tenía o que choque con sus ideas previas sobre el tema del que trata el problema en cuestión. La figura 2 muestra un ejemplo. Hemos utilizado este enfoque para evitar que los alumnos caigan automáticamente en el mecanicismo del cálculo numérico cuando se enfrentan a los problemas de ciencias (Campanario, 1998c). La idea que subyace en este enfoque es que es posible llamar la atención de los alumnos sobre los errores que cometen cuando se enfrentan a los problemas de una manera mecanicista y superficial. Se intenta, además, que éstos tomen conciencia sobre la contradicción frecuente que existe entre sus propias concepciones erróneas y los resultados de aplicar correctamente las leyes y los conocimientos científicos. Esta propuesta puede también ser utilizada, en cierta medida, para combatir las ideas previas. Además, se intenta llamar la atención de los alumnos sobre el carácter contraintuitivo de muchas leyes y conceptos científicos. La orientación es claramente metacognitiva. Al igual que sucede con los problemas como investigación, no es difícil transformar los problemas habituales de forma que destaquen aspectos contraintuitivos de la ciencia o que den lugar a soluciones que choquen con las ideas previas de los alumnos.

Realización de actividades de materialización

Es muy conveniente la realización de *actividades de materialización* para que los alumnos se familiaricen con estimaciones reales de las magnitudes que se manejan. A veces los alumnos quedan satisfechos cuando resuelven problemas y obtienen soluciones que implican valores irreales o imposibles de las magnitudes que se manejan. Estas situaciones suelen causar no poco escándalo entre los profesores de ciencias que se dan cuenta de

Figura 2
Ejemplo de problema con resultado contraintuitivo.

Desde lo alto de un acantilado se lanzan horizontalmente dos objetos con velocidades V_1 y V_2 . La velocidad V_1 es mucho mayor que V_2 . ¿Qué objeto llega antes al suelo?



(Debido a la persistencia de las preconcepciones, muchos alumnos piensan que el objeto que se lanza con menor velocidad llegará antes al suelo debido a que recorre menos espacio).

que los alumnos son insensibles ante un desacuerdo evidente entre sus conocimientos y la información que manejan. Las actividades de materialización evidentemente exigen el cálculo numérico de determinadas magnitudes y se conciben como una tarea de *comparación*. Un ejemplo de este tipo de actividad consistiría en calcular cuánto podría elevarse la temperatura de una cierta cantidad de agua si fuera posible emplear la energía cinética que adquiere un objeto de masa determinada cuando cae desde una cierta altura. El problema de la materialización de las magnitudes ha sido denunciado por diversos autores. Como se indica más arriba, no es infrecuente que incluso los libros de texto más utilizados incluyan problemas que impliquen valores de determinadas magnitudes físicas que son sencillamente irreales.

Las actividades de materialización pueden constituir un complemento a los problemas como investigación. Es bien conocido que no todo son ventajas en la resolución de problemas como pequeñas investigaciones. No cabe duda de que el planteamiento de ecuaciones, la manipulación de las mismas y la obtención de resultados numéricos es, en sí, un objetivo educativo que no se puede desdeñar sin más, especialmente en ciertas áreas y disciplinas técnicas. Además, la ciencias experimentales, son, en gran parte, medida y cálculo y es preciso tener en cuenta también estos aspectos.

Elaboración de un diario

Una estrategia útil, si bien a largo plazo, consiste en hacer que los alumnos lleven un diario de campo en el que registran las experiencias realizadas en clase, las dificultades experimentadas en los diversos temas o unidades didácticas, las concepciones iniciales y los

procesos de cambio conceptual, junto con los resultados de los debates desarrollados en clase y de los intercambios de puntos de vista con los compañeros. En el diario se pueden anotar, asimismo, sus expectativas con los exámenes, los resultados obtenidos y las causas de las posibles discrepancias. De esta manera, a medida que se avanza en el desarrollo de las asignaturas, existe una base documental a la que se puede recurrir para fomentar la autoevaluación por parte de los alumnos de sus avances en las asignaturas y del cambio en sus concepciones sobre el aprendizaje (Fulwiler, 1987).

Empleo de autocuestionarios

Como se señala más arriba, el uso de autocuestionarios suele formar parte de algunos enfoques de enseñanza explícita de estrategias metacognitivas. Estos autocuestionarios pueden ser de muy diverso tipo y pueden estar orientados a fomentar el uso de determinadas estrategias de estudio, de aprendizaje o de comprensión o a incidir y organizar el desarrollo de estrategias adecuadas de control de la propia comprensión. Como su propio nombre indica, los autocuestionarios se componen de un número variable de preguntas que deben repasar y contestar los alumnos o pueden adoptar la forma de un protocolo con una lista de estrategias, acciones o actividades a realizar. Por ejemplo, Lan desarrolló un protocolo de autocontrol con el fin de que un grupo de alumnos que participaba en un estudio experimental pudiese registrar el tiempo que dedicaban a las distintas tareas relacionadas con un conjunto de conceptos estadísticos y el número de veces que se enfrentaban a dichos conceptos (Lan, 1995). El uso de este autocuestionario se tradujo en una mejora en el rendimiento académico de los alumnos. Otro ejemplo de autocuestionario puede

Tabla I

Ejemplo de autocuestionario que puede ser utilizado para contrastar lo que se ha aprendido en una tarea de estudio independiente a partir de libros de texto.

<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cuáles son las ideas principales del texto? 2. ¿He encontrado aparentes inconsistencias entre partes diferentes del texto? 3. ¿Puedo repetir el contenido del texto con mis propias palabras? 4. ¿Son «razonables» las afirmaciones o resultados a los que se llega? 5. ¿Hay diferencias entre mis ideas iniciales sobre el contenido del texto y lo que se afirma en él? 6. ¿Qué problemas de comprensión he encontrado? 7. ¿Puedo relacionar el contenido del texto con el de otras lecciones o unidades estudiadas anteriormente? 8. ¿Se plantea explícitamente algún problema conceptual en el texto o es una mera exposición de información? 9. ¿Se discuten los límites de aplicabilidad de los conceptos, ecuaciones, principios o teorías que se presentan? 10. ¿Se discuten en el texto algunas otras alternativas posibles a la que se presenta?

encontrarse en un estudio clásico realizado por Cross y Paris para incrementar el conocimiento y el uso de estrategias lectoras efectivas por estudiantes de dos cursos de enseñanza primaria (Crooks y Paris, 1988). El tratamiento incluía el empleo de autocuestionarios para que los sujetos evaluaran si habían comprendido correctamente los textos.

En la tabla I se presenta un ejemplo sencillo de preguntas que pueden ser utilizadas por los alumnos para contrastar lo que han aprendido en una tarea de estudio independiente. Baird propone un ejemplo de autocuestionario mucho más detallado que incluye preguntas previas a una tarea, preguntas de control del desarrollo de la tarea y preguntas para evaluar el cambio cognitivo que se produce como resultado de la tarea (Baird, 1986)

Los autocuestionarios destinados a fomentar el uso de estrategias metacognitivas pueden utilizarse a veces sin estar necesariamente ligados a un programa de instrucción explícito. Quizá el ejemplo más simple de autocuestionario para fomentar el control de lo que se ha aprendido puede ser la pregunta: «¿Qué he aprendido de esta lección, tarea, actividad, demostración o práctica de laboratorio?» Un autocuestionario más detallado llevaría sin duda a los alumnos a formular, al menos, sus dificultades como problemas, una estrategia básica de control de la propia comprensión (Scardamalia y Bereiter, 1984) y que no siempre se aplica de manera espontánea (Otero y Campanario, 1990).

Preguntas cortas para contestar por escrito

Un recurso muy útil para el profesor de ciencias son las *preguntas cortas que se contestan por escrito*. Este tipo de preguntas puede consistir, por ejemplo, en explicar una experiencia realizada anteriormente, en resolver un problema cualitativo o analizar un proceso. Este formato es especialmente útil en clases numerosas. El uso de este tipo de preguntas requiere una cantidad de tiempo limitada, por lo que no interfiere demasiado con el desarrollo habitual de las actividades de clase y pueden proporcionar al profesor y a los propios alumnos una gran cantidad de información sobre el avance de éstos últimos (Campanario, 1998b). El uso regular de este recurso permite a los alumnos detectar sus lagunas de comprensión, la persistencia de errores conceptuales y la necesidad de insistir en determinados aspectos que todavía no se dominan. Como cualquier profesor sabe, a veces los alumnos mantienen sus ideas erróneas durante todo un curso sin que salgan a la luz por falta de oportunidades. Ésta es una buena manera de que tomen conciencia de ellas. Estas preguntas pueden acompañarse de actividades de autoevaluación, para que los alumnos valoren su grado de confianza en las respuestas utilizando una escala determinada. De nuevo, se trata de fomentar el conocimiento sobre los propios conocimientos. Si hay tiempo suficiente, es posible discutir en clase las respuestas a las preguntas cortas pensadas para contestar por escrito, siguiendo las mismas estrategias que se utilizan para contestar las preguntas de los exámenes (Fig. 1).

Formulación de preguntas por parte de los propios alumnos

La formulación de preguntas es una estrategia importante de autorregulación cognitiva (Palincsar y Brown, 1984). Muchas veces puede resultar tanto o más interesante que los alumnos sean los encargados de formular sus propias preguntas a otros alumnos, en vez de responder las preguntas que formula el profesor. La formulación de preguntas por parte de los propios alumnos sobre un tema o un problema concreto obliga a éstos a concentrarse en el contenido y a representarse mentalmente la situación con un mayor grado de detalle. Con esta actividad se pretende un procesamiento más en profundidad de la información que se maneja a la vez que se obliga a los alumnos a sistematizar sus conocimientos y a contrastar el grado de consistencia interna y compleción de los mismos.

Un enfoque complementario consiste en enseñar explícitamente a los alumnos a generar preguntas. Como reconoce Wong, «enseñar a los alumnos a formular preguntas puede ayudarles a ser más sensibles a los puntos importantes de un texto y a controlar el estado de su propia comprensión» (Wong, 1985). Este proceso de enseñanza debe realizarse mediante programas explícitos de instrucción diseñados al efecto. Ciertamente, en una revisión reciente, de un total de 26 estudios experimentales basados en programas explícitos de instrucción y que incluían grupos experimentales y de control, Rosenshine, Meister y Chapman concluyeron que, «globalmente, enseñar a los alumnos la estrategia cognitiva de formular preguntas sobre los materiales que leían dio como resultado incrementos en la comprensión» (Rosenhine, Meister y Chapman, 1996, p. 181).

CONCLUSIONES

Las orientaciones y recursos anteriores constituyen una muestra variada de recursos y sugerencias compatibles, en principio, con el desarrollo de capacidades metacognitivas en los alumnos. Sin embargo, como se ha indicado más arriba, todavía estamos en los inicios de un cambio en las orientaciones en didáctica de las ciencias, por lo que se necesita más investigación para poder contrastar la efectividad real de estos recursos. Algunos de los recursos que se presentan no son nuevos y sólo es diferente la forma en que se utilizan en la enseñanza de las ciencias y los objetivos que se persiguen con ellos. Creemos, en cualquier caso, que la docencia en ciencias experimentales debe comenzar a abordar de manera decidida los factores metacognitivos, al igual que sucede con las ideas previas de los alumnos o con sus concepciones epistemológicas. Una ventaja no desdeñable del desarrollo y uso de estrategias metacognitivas es que estas estrategias pueden resultar útiles en contextos diversos.

El terreno de la metacognición es uno de los que más se presta a una colaboración decidida entre la didáctica de las ciencias y la psicología cognitiva, un área que tiene

mucho que enseñarnos. La investigación sobre las capacidades metacognitivas requiere un cierto nivel de conocimiento sobre los procesos psicológicos básicos de comprensión (formulación de inferencias, criterios de comprensión...). Esto dificulta que pueda ser abordada por los especialistas en didáctica de las ciencias que, generalmente, tienen una formación propia de las áreas de ciencias. La consecuencia es que este campo de investigación, o no se conoce con mucho detalle, o se deja en el campo de la psicología. Ello desemboca en una situación de bloqueo: por una parte, los especialistas en didáctica de las ciencias no prestan todavía la debida atención a los problemas relacionados con la metacognición; por otra parte, los investigadores en psicología no suelen tener la base de conocimientos sobre ciencias ni una visión global sobre los problemas de enseñanza y aprendizaje de las ciencias que oriente su trabajo hacia nuestra área. En consecuencia, los problemas metacog-

nitivos rara vez se enfocan desde el punto de vista de la enseñanza de las ciencias. Esta situación conforma un círculo vicioso de difícil salida y no es, ni mucho menos, exclusiva de nuestro país. En cualquier caso, parece claro, a la vista de todo lo anterior, que la formación que supone conocer propuestas didácticas alternativas, como la enseñanza por investigación o el cambio conceptual, resulta insuficiente para el profesor de ciencias.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó en el marco del proyecto PB93-0478 financiado por la DGICYT para el período 1994-97. Quiero agradecer a José Cuerva, Aida Moya y José C. Otero, de la Universidad de Alcalá de Henares, y a un revisor anónimo de la revista, sus comentarios sobre el trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO TAPIA, J. (1989). *Motivación y aprendizaje en el aula*. Madrid: Santillana.
- BAIRD, J.R. (1986). Improving learning through enhanced metacognition: a classroom study. *European Journal of Science Education*, 8, pp. 263-282.
- BRUSH, S.G. (1974). Should the history of science be rated X? *Science*, 183, pp. 1164-1172.
- CAMPANARIO, J.M. (1993). Consolation for the scientist: Sometimes it is hard to publish papers that are later highly-cited. *Social Studies of Science*, 23, pp. 342-362.
- CAMPANARIO, J.M. (1995). Los problemas crecen: a veces los alumnos no se enteran de que no se enteran. *Aspectos didácticos de física y química (física)*, 6, pp. 87-126. Zaragoza: ICE, Universidad de Zaragoza.
- CAMPANARIO, J.M. (1996a). Using Citation Classics to study the incidence of serendipity in scientific discovery. *Scientometrics*, 37, pp. 3-24.
- CAMPANARIO, J.M. (1996b). Have referees rejected some of the most-cited articles of all times? *Journal of the American Society for Information Science*, 47, pp. 302-310.
- CAMPANARIO, J.M. (1997). ¿Por qué a los científicos y a nuestros alumnos les cuesta tanto, a veces, cambiar sus ideas científicas? *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 11, pp. 31-62.
- CAMPANARIO, J.M. (1998a). Ventajas e inconvenientes de la historia de la ciencia como recurso en la enseñanza de las ciencias. *Revista de Enseñanza de la Física*, 11, pp. 5-14.
- CAMPANARIO, J.M. (1998b). Preguntas y respuestas sobre la evaluación de los alumnos en la enseñanza de las ciencias. *Tarbiya*, 19, pp. 69-84.
- CAMPANARIO, J.M. (1998c). Using counterintuitive problems in teaching Physics. *The Physics Teacher*, 36, pp. 26-28.
- CAMPANARIO, J.M., CUERVA, J., MOYA, A. y OTERO, J.C. (1997). «El papel de las estrategias metacognitivas en el aprendizaje de las ciencias». Ponencia presentada en el V Congreso Internacional sobre la Enseñanza de las Ciencias. Murcia, Septiembre de 1997.
- CAMPANARIO, J.M. y MOYA, A. (1998). ¿Cómo enseñar ciencias? Las principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*. (En prensa, aceptado para su publicación.)
- CAMPANARIO, J.M. y OTERO, J. (1998). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. (En revisión.)
- CARRIEDO, N. y ALONSO TAPIA, J. (1994). *¿Cómo enseñar a comprender un texto?* Madrid: Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid.
- CROOKS, T.J. (1988). The impact of classroom evaluation practices on students. *Review of Educational Research*, 58, pp. 438-481.
- CROSS, D.R. y PARIS, S.G. (1988). Developmental and instructional analyses of children's metacognition and reading comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 80, pp. 131-142.
- DEWITZ, P., CARR, E.M. y PATBERG, J.P. (1987). Effects of inference training on comprehension and comprehension monitoring. *Reading Research Quarterly*, 22, pp. 99-121.
- DUIT, R. (1991). Students' conceptual frameworks consequences for learning science, en Glynn, S., Yeany, R. y Britton, B. (eds.). *The Psychology of Learning Science*. Hillsdale. EEUU: Lawrence Erlbaum.

- FLAVELL, J.H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving, en Resnick, L.B. (ed.). *The nature of intelligence*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- FULWILER, T. (1987). *The Journal Book*. Portsmouth: Boynton-Cook.
- GARRET, R.M. (1988). Resolución de problemas y creatividad: Implicaciones para el currículo de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6, pp. 224-230.
- GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: ICE, Universitat de Barcelona.
- GIL, D., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. y SENENT, F. (1988). El fracaso en la resolución de problemas de física: una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6, pp. 131-146.
- GUNSTONE, R.F. y NORTHFIELD, J. (1994). Metacognition and learning to teach. *International Journal of Science Education*, 16, pp. 523-537.
- HODSON, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, pp. 299-313.
- KUHN, T. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- LANN, W.Y. (1995). The effects of self-monitoring on students' course performance, use of learning strategies, attitude, self-judgment ability and knowledge representation. *The Journal of Experimental Education*, 64, pp. 101-115.
- LANN, W.Y., BRADLEY, L. y PARR, G. (1993). The effect of a self-monitoring process on college students' learning in an introductory statistics course. *The Journal of Experimental Education*, 62, pp. 26-40.
- LONKA, K., LINDBLOM-YLÄNNE, S. y MAURY, S. (1994). The effect of study strategies on learning from text. *Learning and Instruction*, 4, pp. 253-271.
- MATEOS, M.M. (1991). Entrenamiento en el proceso de supervisión de la comprensión lectora: fundamentación teórica e implicaciones educativas. *Infancia y Aprendizaje*, 56, pp. 25-50.
- MATTHEWS, M.R. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: La aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, pp. 255-277.
- MELE, A.R. (1996). Real self-deception. *Psychology*, <http://www.cogsci.soton.ac.uk/bbs/Archive/bbs/mele.html>.
- MILLER, G.E. (1985). The effects of general and specific self-instruction training on children's comprehension monitoring performance during reading. *Reading Research Quarterly*, 20, pp. 616-628.
- NISSANI, M. (1995). The plight of the obscure innovator in science: A few reflections on Campanario's note. *Social Studies of Science*, 25, pp. 165-183.
- NOVAK, J.D. y GOWIN, D.B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca.
- ONTORIA, A. (1992). *Mapas conceptuales: Una técnica para aprender*. Madrid: Narcea.
- OTERO, J.C. (1985). Assimilation problems in traditional representations of scientific knowledge. *European Journal of Science Education*, 7, pp. 361-369.
- OTERO, J.C. (1990). Variables cognitivas y metacognitivas en la comprensión de textos científicos: el papel de los esquemas y el control de la propia comprensión. *Enseñanza de las Ciencias*, 8, pp. 17-22.
- OTERO, J.C. y CAMPANARIO, J.M. (1990). Comprehension evaluation and regulation in learning from science texts. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, pp. 447-460.
- OTERO, J.C., CAMPANARIO, J.M. y HOPKINS, K.D. (1992). The relationship between academic achievement and metacognitive comprehension monitoring ability of Spanish secondary school students. *Educational and Psychological Measurement*, 52, pp. 419-430.
- PALINCSAR, A.S. y BROWN, A.L. (1984). Reciprocal teaching of comprehension fostering and comprehension-monitoring activities. *Cognition and Instruction*, 2, pp. 117-175.
- POZO, J.I. (1987). La historia se repite: las concepciones espontáneas sobre el movimiento y la gravedad. *Infancia y Aprendizaje*, 38, pp. 69-87.
- POZO, J.I. y CARRETERO, M. (1987). Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas: ¿Qué cambia en la enseñanza de la ciencia? *Infancia y Aprendizaje*, 38, pp. 35-52.
- POZO, J.I., SANZ, A., GÓMEZ, M.A. y LIMÓN, M. (1991). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 9, pp. 83-94.
- ROENSHINE, B., MEISTER, C. y CHAPMAN, S. (1996). Teaching students to generate questions: A review of the intervention studies. *Review of Educational Research*, 66, pp. 181-221.
- ROTH, W.M., McROBBIE, C.J., LUCAS, K.B. y BOUTONNÉ, S. (1997). Why many students fail to learn from demonstrations? A social practice perspective on learning in Physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, pp. 509-533.
- SCARDAMALIA, M. y BEREITER, C. (1984). Development of strategies in text processing, en Mandl, H., Stein, N.L. y Trabasso, T. (eds.). *Learning and comprehension of text*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- SHUELL, T.J. (1990). Phases of meaningful learning. *Review of Educational Research*, 60, pp. 531-547.
- SLISKO, J. y KROKHIN, A. (1995). Physics or fantasy? *The Physics Teacher*, 33, p. 210.
- VADHAN, V. y STANDER, P. (1994). Metacognitive ability and test performance among college students. *The Journal of Psychology*, 128, pp. 307-309.
- VAURAS, M. (1989). «Modeling: A powerful tool in teaching metacognition and text processing strategies?». Comunicación presentada en la Tercera Conferencia de la EARLI. Madrid, España.
- WONG, B.Y.L. (1985). Self-questioning instructional research: A review. *Review of Educational Research*, 55, pp. 227-268.

[Artículo recibido en octubre de 1997 y aceptado en octubre de 1998.]