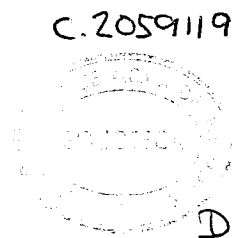


ENRIQUE BANET
ANTONIO DE PRO
(COORDINADORES)

INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN
EN LA
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS
Volumen I



LA METACOGNICION Y EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS

Juan Miguel Campanario Languero; José Cuerva Moreno; Aida Moya Librero y José C. Otero Gutiérrez
Grupo de Investigación sobre el Aprendizaje de las Ciencias. Departamento de Física. Universidad de Alcalá.

PROBLEMAS DEL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS

El papel de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias se puede situar en el marco de los problemas que han recibido mayor atención por parte de los investigadores en Didáctica de las Ciencias:

a) El papel de los conocimientos previos de los alumnos en el aprendizaje [Ausubel, Novak y Hanesian, 1983]; [Novak, 1982]; [Driver, 1988]. Han recibido especial atención las ideas previas o preconcepciones de los alumnos [Resnick, 1983] y los esquemas como estructuras responsables de la organización del conocimiento en la memoria y su utilización durante el proceso de comprensión [Rumelhart, 1980].

b) Otro problema en la investigación didáctica está relacionado con la actuación de los sujetos durante el aprendizaje de las ciencias o durante el desarrollo de tareas propias de la ciencia. Se han estudiado las estrategias de aprendizaje significativo o memorístico que desarrollan los alumnos [Ausubel, Novak y Hanesian, 1983]; [Novak, 1982]; [Novak y Gowin, 1988]. También se ha prestado atención a la actuación de los sujetos en el trabajo de laboratorio [Blessing y Ross, 1996] o en la resolución de problemas [Hodson, 1994]; [Gil, Carrascosa, Furió y Martínez-Torregrosa, 1991]. Un tercer frente de investigación lo constituyen las pautas de pensamiento y razonamiento de los alumnos en tareas científicas que, a veces, se abordan con escaso rigor crítico, en lo que algunos autores llaman metodología de la superficialidad [Carrascosa y Gil, 1985]; [Gil y Carrascosa, 1990]. Además los alumnos suelen aplicar heurísticos y pautas de razonamiento importados directamente del contexto cotidiano [Salinas, Cudmani y Pesa, 1996]; [Reif y Larkin, 1991]; [Otero y Campanario, 1990]; [Campanario y Otero, 1997].

c) También se ha prestado atención a la motivación y actitudes de los alumnos hacia la ciencia que, en caso de ser negativas, constituyen otra barrera para el aprendizaje. Estas actitudes negativas suelen incrementarse con los años de escolaridad [Gil, 1994]; [Yager y Penick, 1986]; [Vargas-Gómez y Yager, 1987].

Los factores anteriores constituyen sin duda problemas fundamentales de aprendizaje con los que debe enfrentarse el profesor de ciencias. Sin embargo parece también necesario tener en cuenta factores como la metacognición que desempeñan un papel central en el aprendizaje de las ciencias [Gunstone y Northfield, 1994]. Flavell proporciona una definición del concepto de metacognición que ha sido ampliamente citada [Flavell, 1976, pag. 232]:

"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".

En general, cualquier estrategia cognitiva que pueda utilizarse también para controlar el estado de los propios conocimientos o el estado de la propia comprensión tiene una dimensión metacognitiva. Cuando un alumno se da cuenta de que le resulta más fácil resolver problemas de Física que contestar preguntas abiertas, o se da cuenta de que sus ideas sobre la validez de un determinado enfoque para la solución de problemas no son adecuadas, está aplicando estrategias metacognitivas. Cuando un alumno intenta formular las ideas principales de un texto con sus propias palabras para comprobar que ha entendido la lección, está aplicando estrategias metacognitivas. Baker y otros autores han descrito la relación general que existe entre destrezas metacognitivas y enseñanza de las ciencias. Destrezas básicas que se espera que desarrollen los estudiantes de ciencias, como son la formulación de inferencias e hipótesis, la interpretación de datos, la elaboración de modelos y obtención de conclusiones tienen un parecido notable con algunas de las estrategias metacognitivas que se necesitan y aplican en el procesamiento de información [Baker, 1991]; [Carin y Sand, 1985]; [Esler y Esler, 1985]; [Resnick, 1983].

En este trabajo se hace una revisión de diversos problemas relacionados con el aprendizaje de las ciencias, en los que interviene la metacognición como elemento clave que puede ayudarnos a entender muchas de las dificultades y pautas erróneas de comportamiento de los alumnos.

RELACIÓN ENTRE LA METACOGNICIÓN Y EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS

Cambio conceptual

Los métodos tradicionales no eliminan las ideas previas de los alumnos y no son eficaces para promover el cambio conceptual. Ello ha motivado que se propongan enfoques alternativos de la enseñanza de las ciencias para lograr el cambio conceptual [Posner, Strike, Hewson y Gertzog, 1982]; [Hewson y Hewson, 1983] y metodológico [Gil, 1994]. En la formulación inicial del cambio conceptual, [Posner, Strike, Hewson y Gertzog, 1982] señalan como condiciones necesarias la insatisfacción del alumno con sus concepciones previas, la inteligibilidad de las nuevas concepciones y la plausibilidad inicial de las mismas. Las formulaciones más recientes del cambio conceptual destacan su carácter metacognitivo, puesto que la reflexión sobre el propio conocimiento y control de los procesos cognitivos por parte del alumno son una componente necesaria del cambio conceptual.

Los profesores utilizan con frecuencia enfoques bienintencionados pero erróneos para conseguir el cambio conceptual. Así, muchas veces los profesores organizan demostraciones en clase destinadas a falsear las ideas previas de los alumnos y a originar el conflicto cognitivo que se estima necesario e ineludible como punto inicial para el cuestionamiento de las ideas previas. Existen sin embargo pruebas de que en ocasiones los alumnos no reconocen un conflicto entre sus ideas y la realidad o que utilizan sus ideas previas en vez de las concepciones científicas para explicar los fenómenos [Hewson, 1992]; [Gil, Carrascosa, Furió y Martínez-Torregrosa, 1991]. Así, por ejemplo, cuando los alumnos se enfrentan a datos anómalos en el trabajo de laboratorio pueden desarrollar estrategias de actuación distintas, sólo una de las cuales desemboca en el cambio conceptual [Chinn y Brewer, 1993]. Por otra parte sabemos que las experiencias y demostraciones prácticas que se realizan en clase sin tener en cuenta el uso de estrategias inadecuadas de aprendizaje y de autorregulación cognitiva por los alumnos están destinadas muchas veces al fracaso [Roth, McRobbie, Lucas y Boutonne, 1997]. En otras ocasiones los alumnos que se enfrentan a anomalías pueden llegar a mantenerlas en suspenso o a solucionar la inconsistencia generando ciertas inferencias. Por ejemplo, pueden considerar que reglas generales no se apliquen a determinados elementos de una categoría o que dos proposiciones contradictorias correspondan a dos instantes diferentes [Otero y Campanario, 1990].

Concepciones epistemológicas de los alumnos

Las ideas que mantienen los alumnos acerca de la naturaleza de la ciencia, el conocimiento científico y sobre el propio aprendizaje de la ciencia han sido denominadas conjuntamente concepciones epistemológicas. Estas concepciones son parte del conocimiento metacognitivo en la medida en que implican conocimientos sobre las propias ideas y sobre el propio conocimiento, y pueden orientar la actuación de los alumnos en tareas de aprendizaje.

Las concepciones epistemológicas de los alumnos a menudo contienen puntos de vista inconsistentes entre sí, sin que los alumnos sean conscientes de ello. Por ejemplo un alumno que piense que el conocimiento científico se aproxima a la verdad y existe independientemente de la conceptualización humana puede también mantener la idea de que el conocimiento científico depende del ambiente social de los científicos. [Hammer, 1995]; [Roth y Roychoudhury, 1994]. Quizás por ello no resulta fácil encuadrar y clasificar las concepciones epistemológicas de los alumnos. [Hammer, 1994]

Los siguientes ejemplos ilustran algunos puntos de vista de los alumnos referentes al tema:

En las concepciones sobre la estructura de la ciencia, existe una cierta tendencia a concebir ésta como piezas o dominios aislados sin relación entre sí. Esta razón puede ayudar a entender porqué es difícil que el profesor logre hacer ver la equivalencia de un mismo concepto en diferentes contextos o porqué los alumnos tienen tendencia a asociar un concepto (energía) a un contexto determinado (mecánica, mejor que electromagnetismo).

En las concepciones sobre el conocimiento en Física, Roth y Roychoudhury (1994) apuntan que si la ciencia se presenta a los alumnos como un cuerpo de conocimiento, hechos probados y verdades absolutas, estos pueden pensar que todo el conocimiento puede ser determinado mediante procedimientos de prueba específicos que constituirían el llamado método científico. Así los conceptos científicos pueden ser aprendidos simplemente

siendo buenos y objetivos observadores [Roth y Roychoudhury, 1994]. Por último cabe citar las concepciones de los alumnos sobre la naturaleza del propio proceso de aprendizaje. La mayor parte de los alumnos tienen una idea tradicional de lo que significa aprender, según la cual el aprendizaje es un proceso pasivo, de almacenamiento de partes o porciones de conocimiento facilitado o dado por el profesor, más que como un proceso de construcción personal. Esto determinará lo que el alumno hace para aprender. Así por ejemplo se suele dar más importancia a la toma de apuntes (clase tradicional), que a la elaboración activa de información y cualquier actividad distinta de la toma de apuntes (por ejemplo, una discusión en clase) no se considera sería [Duit, 1991]. De la misma manera si un alumno espera aprender Física mediante la transmisión directa de contenidos impartidos por el profesor (autoridad que posee el conocimiento) es muy posible que espere que su profesor de ciencias le dé las respuestas correctas y le enseñe a obtener las soluciones de los problemas [Tobin, Tippins y Hook, 1995]. Por ejemplo, uno de nuestros alumnos se quejaba de los intentos del profesor por hacerle comprender de la siguiente manera: "¿Por qué me quieres hacer pensar? ¡qué obsesión! si tú ya lo sabes, dímelo y ya está".

Los alumnos pueden llegar incluso a evaluar negativamente a un profesor que desee aplicar nuevos enfoques en la enseñanza, pensar que no enseña bien porque en sus clases todos se dedican a tareas como discusión de situaciones físicas, trabajo en grupos, o a analizar problemas en vez de hacer muchos ejercicios similares, o porque no les enseña métodos infalibles de resolución.

El origen de las concepciones epistemológicas de los alumnos es complejo. El punto de vista tradicional del conocimiento hace uso de la metáfora, reforzada por el impacto de los medios de información modernos, según la cual el conocimiento es transmitido desde un emisor a un receptor. En la cultura occidental, esta metáfora es tan predominante que los verbos que describen el aprendizaje están basados en ella. Esta metáfora está enraizada profundamente en el objetivismo, la idea de que existe una realidad externa que puede ser conocida objetivamente y sobre la cual podemos hacer verdaderas afirmaciones objetivas e incondicionales [Roth y Roychoudhury, 1994]. Otras fuentes que contribuyen a moldear las concepciones epistemológicas de los alumnos son los mensajes que de manera explícita o implícita se transmiten a través del lenguaje, el material bibliográfico, etc. Por ejemplo, en la mayoría de los libros de texto de física existe un fuerte énfasis en las manipulaciones algebraicas.

Como conclusión de lo anterior cabe destacar el sutil cambio que ha tenido lugar en los últimos años en la enseñanza de las ciencias en lo que se refiere a las concepciones de los alumnos sobre la ciencia y el conocimiento científico. Un objetivo más o menos tradicional de la enseñanza de las ciencias es que los alumnos desarrollen ideas adecuadas sobre la ciencia y el conocimiento científico y sobre su utilidad. Además de que este objetivo es valioso como un fin en sí mismo, es también un medio para conseguir el aprendizaje significativo de las ciencias. Unas ideas más adecuadas sobre la ciencia y el conocimiento científico deberían traducirse en actitudes positivas hacia las asignaturas y disciplinas de ciencias y hacia los hábitos de razonamiento científico.

Aprendizaje autorregulado

Los alumnos que utilizan estrategias de aprendizaje autorregulado consideran la adquisición del conocimiento como un proceso sistemático y controlable y suelen aceptar una gran responsabilidad por los resultados de su tarea de aprendizaje [Brown, 1988; Zimmerman, 1990; Zimmerman y Martínez-Pons, 1990]. Estos alumnos son capaces de evaluar su propio progreso en relación con los objetivos que se proponen y acomodar su actividad según los resultados de esta autoevaluación. Los alumnos que utilizan estrategias de autorregulación suelen enfrentarse a las tareas académicas con confianza y diligencia [Zimmerman, 1990]. Estos sujetos suelen ser conscientes de poseer o no las destrezas necesarias para abordar determinadas tareas y, a diferencia de los alumnos más pasivos, se distinguen por realizar una búsqueda activa de la información relevante para el aprendizaje y por su disposición para vencer los obstáculos que se presentan en el desarrollo de las tareas [Ertmer y Newby, 1996]. Además, el éxito en las tareas de aprendizaje generalmente orienta a estos alumnos a la formulación de nuevas metas de aprendizaje de mayor nivel taxonómico. De la descripción anterior se desprende que las variables metacognitivas son componentes esenciales del aprendizaje autorregulado como señalan diversos autores [Costa, 1986]; [Novak y Gowin, 1988]; [Spring, 1985]; [Zimmerman, 1990].

Control de la propia comprensión

Una de las estrategias metacognitivas más importantes es el control de la propia comprensión. De acuerdo con Baker (1985), esta estrategia consiste en dos etapas: evaluación y regulación de la comprensión. En la primera fase el sujeto es consciente de que tiene una dificultad en una tarea de comprensión, mientras en la segunda se toma alguna medida para resolver esta dificultad. Los resultados de la investigación en Psicología Cognitiva

demuestran que pueden existir dificultades en ambas fases: el control de la propia comprensión es una estrategia que no siempre se desarrolla satisfactoriamente.

Un ejemplo de control inadecuado de la propia comprensión tiene lugar cuando los sujetos creen que han entendido algo y en realidad no es así: el llamado "conocimiento ilusorio" [Glenberg, Wilkinson y Epstein, 1982]. El conocimiento ilusorio puede estudiarse en tareas de comprensión de textos en los que se han introducido errores deliberados. Estos errores pueden ser de diverso tipo, desde palabras sin sentido, hasta inconsistencias internas o falsedades [Baker, 1985]. Muchas veces los sujetos experimentales no se dan cuenta de que los textos contienen estos errores y, cuando se les pide que evalúen en qué medida los han entendido, piensan que los han comprendido bien o relativamente bien. Otros autores han estudiado lo que llaman "calibración de la comprensión" [Glenberg y Epstein, 1987]. En este caso los sujetos se enfrentan a una tarea de aprendizaje, por ejemplo comprender un texto de ciencias. A continuación se pide a los sujetos que autoevalúen su capacidad para contestar preguntas relacionadas con el contenido del texto, o para realizar otra tarea relacionada, como puede ser la resolución de problemas sobre el contenido estudiado. Finalmente se pide a los sujetos que realicen la tarea en cuestión (contestar preguntas o resolver problemas) y se comparan los resultados reales con la autoevaluación realizada por los propios sujetos. Con frecuencia existe un desacuerdo entre las predicciones formuladas y el resultado obtenido en la tarea. Los profesores se encuentran frecuentemente con estas situaciones: no es extraño que los alumnos crean sinceramente que sabían más de lo que realmente sabían.

Por tanto, preguntas fundamentales sobre el control de la comprensión son las siguientes: ¿cuáles son los criterios que utilizan los alumnos para decidir que han entendido algo?, ¿en qué condiciones los alumnos están satisfechos con el grado de comprensión alcanzado?, ¿qué factores inciden en que un problema de comprensión se considere más o menos grave y requiera, por parte del alumno un análisis o un estudio posterior?

La investigación se ha dirigido fundamentalmente al estudio de los factores que influyen en la detección de errores por parte de los sujetos (evaluación de la comprensión), más que al estudio de las estrategias que éstos desarrollan para intentar arreglar las dificultades que han encontrado (regulación de la comprensión). Además, la mayoría de los trabajos publicados se han realizado utilizando contenidos no científicos. Sin embargo, sabemos, por ejemplo, que en algunas ocasiones los alumnos de enseñanza secundaria se contentan con entender los textos científicos frase a frase y la presencia de inconsistencias no constituye para ellos un problema de comprensión [Otero y Campanario, 1990]. La familiaridad como criterio de comprensión es otro criterio que suelen aplicar los alumnos de ciencias [Reif y Larkin, 1991, pag. 743], a pesar de que es evidente que la mera familiaridad no necesariamente implica comprensión.

El uso de pautas de pensamiento y razonamiento cotidiano en contextos científicos es otra de las estrategias inadecuadas que pueden utilizar los alumnos en tareas de aprendizaje de las ciencias [Otero y Campanario, 1990]. Reif y Larkin han analizado las diferencias que existen entre estos dos tipos de razonamiento [Reif y Larkin, 1991]. Así, por ejemplo, mientras las cadenas de razonamiento cotidiano suelen ser cortas y contienen varias premisas aceptables, las cadenas de pensamiento científico suelen ser más largas y las premisas están mucho mejor definidas. El carácter con frecuencia implícito del pensamiento cotidiano también contrasta con el carácter explícito de los razonamientos científicos. Sin embargo, como cualquier profesor sabe, los alumnos de ciencias pueden contentarse con explicaciones y razonamientos poco rigurosos, sin darse cuenta de que son inadecuados para entender procesos o fenómenos científicos.

Las consecuencias de todo lo anterior para el profesor de ciencias son claras: un profesor bienintencionado puede mostrar una disposición favorable para resolver las dudas de sus alumnos y orientarlos en aquellos casos en que encuentren dificultades en tareas de aprendizaje y comprensión. Sin embargo, a la vista de los resultados de las investigaciones que se citan más arriba, bien pudiera suceder que los alumnos no fuesen conscientes de que tienen dificultades. En esta situación, los alumnos no pueden consultar sus dudas porque creen que no las tienen [Campanario, 1995].

Formulación de preguntas por los alumnos

En estrecha relación con lo anterior cabe citar la formulación de preguntas por parte de los alumnos como una actividad en la que volvemos a encontrar, de nuevo, las estrategias metacognitivas. La formulación de preguntas es una de las posibles estrategias de regulación cognitiva que pueden desarrollar los sujetos cuando son conscientes de que tienen algún problema de comprensión. Aunque la formulación de preguntas en clase es un proceso moderado, en parte, por las interacciones sociales, es interesante indagar en los factores que hacen que determinados aspectos sean "preguntables" por parte de los alumnos.

Sabemos, por ejemplo, que existe una relación inversa entre el conocimiento en un dominio determinado y el número de preguntas que se formulan [van Der Meij, 1994]. Aparentemente, la detección de una anomalía o de una laguna en la comprensión debería ser causa suficiente como para que los alumnos se viesen en la necesidad de formular preguntas, pero existe evidencia de que es posible rechazar o mantener "en cuarentena" incluso datos anómalos sin que éstos constituyan un motivo suficiente como para formular preguntas [Chinn y Brewer, 1993]. Las condiciones de la tarea influyen en el tipo y calidad de las preguntas que son capaces de formular los alumnos en tareas de aprendizaje de las ciencias. Así, por ejemplo, parece que los alumnos son capaces de formular preguntas que implican razonamiento profundo siempre que se les dé oportunidad para hacerlo, aunque existe una disminución del número de estas preguntas a medida que se avanza en el sistema educativo. Además, las preguntas más frecuentes tienen que ver con la averiguación de los "antecedentes causales", más que con las consecuencias de un determinado razonamiento [Costa, Caldeira, Gállastegui, Otero, 1997]. Sin embargo, al igual que sucede con otros dominios relacionados con la metacognición, la formulación de preguntas por parte de los alumnos de ciencia es todavía un terreno por explorar.

Resolución de problemas

La metacognición aparece nuevamente en el amplio dominio de la resolución de problemas de ciencias. Como es sabido, esta tarea es una actividad común en la enseñanza de las ciencias a la que se dedica una parte importante del tiempo de clase. La resolución de problemas es una fuente notable de dificultades para los alumnos y algunos autores constatan un fracaso casi generalizado en esta tarea [Gil, Carrascosa, Furió y Martínez-Torregrosa, 1991]; [Gil, Martínez-Torregrosa y Senent, 1988]. Por otra parte, llevados por el operativismo mecánico, los alumnos rara vez analizan la validez de las soluciones que obtienen en los problemas, de manera que soluciones numéricamente absurdas se aceptan sin dificultad como válidas [Campanario, 1995].

En los últimos años se empiezan a considerar factores metacognitivos que explican, en parte, las dificultades de los alumnos en la resolución de problemas de ciencias. Así, por ejemplo, uno de estos factores es las concepciones epistemológicas de los alumnos sobre la ciencia y el conocimiento científico. Si los alumnos creen que el proceso de resolución de problemas consiste en aplicar unas fórmulas a unas variables que deben aparecer en el enunciado, es muy posible que encuentren dificultades al resolver problemas abiertos o problemas en los que es preciso seguir un procedimiento más indirecto [Genyca, 1983]. Incluso, es posible que estos sujetos lleguen a considerar que los problemas abiertos, sin datos numéricos, no son auténticos problemas del tipo al que están habituados a resolver habitualmente en clase. En muchas ocasiones los alumnos ni siquiera son capaces de darse cuenta de que las soluciones que encuentran a los problemas son inapropiadas o inconsistentes con los enunciados [Campanario, 1995].

Swanson (1990) estudió las estrategias utilizadas durante la resolución de problemas por sujetos con altos y bajos niveles de aptitud académica y metacognición. Los resultados indican que los sujetos con alta aptitud académica y metacognición utilizan un conjunto de estrategias más rico. Los individuos con alto nivel metacognitivo resolvieron problemas mejor que los individuos con bajo nivel metacognitivo. Pero los sujetos con alto nivel metacognitivo y baja aptitud académica lo hicieron significativamente mejor que los sujetos con alta aptitud académica pero bajo nivel metacognitivo. Ello parece indicar que el alto nivel metacognitivo puede compensar las deficiencias en la aptitud académica en tareas de resolución de problemas.

Motivación

Por otra parte, Kuhl ha destacado la importancia de los factores metacognitivos en la motivación [Kuhl, 1987]. Según este autor, tras un fracaso en el aprendizaje, la atención de los sujetos puede concentrarse en aspectos parciales de la tarea que pueden no ser relevantes para el éxito en la misma. Ello depende, en parte, del conocimiento que el sujeto tiene sobre la efectividad de diferentes formas de actuación para conseguir el objetivo. Según este autor, el desconocimiento de los sujetos sería una de las causas principales de la desmotivación. La atribución inadecuada de las causas de éxito o fracaso a deficiencias propias, más que a la ineffectividad de determinadas técnicas de trabajo y de estudio, puede dar lugar a patologías y problemas actitudinales. Vermunt ha estudiado recientemente estos factores en el marco de la enseñanza universitaria [Vermunt, 1996]. Estos factores motivacionales son especialmente relevantes en el aprendizaje de las ciencias donde, como se ha indicado, existen con frecuencia actitudes fuertemente negativas.

Evaluación

Por último, no hay que olvidar que el uso de estrategias de alto nivel, como las metacognitivas, requiere un esfuerzo deliberado por parte de los alumnos que es poco probable que perdure sin un refuerzo adecuado por

parte del profesor y del sistema educativo. Muchas estrategias de alto nivel resultan muy difíciles de adquirir y son fáciles de olvidar si con otras menos costosas se consigue éxito académico. Existen pruebas de que incluso alumnos con disposición para aprender significativamente desarrollan estrategias de aprendizaje memorístico porque las consideran más eficaces para aprobar los exámenes [Kember, 1996; Crooks, 1988]. Nosotros hemos encontrado que una de las destrezas metacognitivas más importantes, el control de la comprensión durante el aprendizaje de las ciencias a partir de textos, correlaciona escasamente con el rendimiento académico [Otero, Campanario y Hopkins, 1992]. Peor aún, esta correlación tiende a disminuir a medida que se avanza en el sistema educativo, algo que también sucede en un sistema educativo diferente como el portugués [Campanario y otros, 1994].

PERSPECTIVAS FUTURAS: METACOGNICIÓN Y ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

La aplicación de estrategias metacognitivas inadecuadas puede ayudar a entender algunas de las conductas típicas de los alumnos en tareas de aprendizaje de las ciencias. Muchas veces los alumnos muestran resistencia a actualizar la información que reciben, lo que se traduce en una supuesta incapacidad para darse cuenta de que sus suposiciones iniciales no son válidas. Los alumnos parecen quedarse satisfechos con el poder explicativo de sus ideas previas a pesar de que la información que reciben de sus profesores y libros de texto con frecuencia contradice estas ideas previas. Creemos que una mejor comprensión del papel de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias puede ayudar a entender estas patologías y a mejorar el aprendizaje de las ciencias. Para ello es posible incidir, en principio, en dos líneas de actuación diferentes: la investigación educativa y la acción didáctica de los profesores de ciencias.

Un problema de interés en la investigación en Didáctica de las Ciencias

Los problemas metacognitivos reciben una atención limitada por la comunidad investigadora en Didáctica de las Ciencias. Otros temas parecen más apropiados como problemas propios de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Según Baker (1991), la mayor parte de los artículos sobre metacognición en el área de ciencias han sido publicados por investigadores con afiliaciones ajenas a la enseñanza de las ciencias. El escaso interés que han despertado los problemas metacognitivos en la comunidad investigadora nacional en Didáctica de las Ciencias se puede ilustrar atendiendo a dos revisiones relativamente recientes. En una revisión publicada en la revista *Enseñanza de las Ciencias*, Kempa (1991) identificaba las dificultades de aprendizaje que pueden encontrar los estudiantes en el área de ciencias. En ningún momento cita este autor las dificultades derivadas de la falta de destrezas metacognitivas. Más explícitos son los resultados de una revisión reciente realizada por Moreira (1994). Este autor ha identificado los temas predilectos de investigación que se han publicado en la revista *Enseñanza de las Ciencias* en los últimos diez años. La metacognición no se menciona como un área de investigación ni como tema de reflexión y opinión.

Un problema de interés para los profesores de ciencia

La mayor parte de la responsabilidad en el desarrollo de las capacidades metacognitivas recae en la actuación de los profesores en el aula. Desgraciadamente no son muchos los recursos de que se dispone para fomentar el uso de estrategias metacognitivas por parte de los alumnos. Además, todavía no se comprenden bien todos los procesos cognitivos asociados a este tipo de estrategias. Esto significa que algunas de las propuestas para tener en cuenta en la enseñanza el uso de estrategias metacognitivas puede no tener una base psicológica adecuada. El análisis en profundidad de los recursos de que dispone el profesor para desarrollar la metacognición y las estrategias metacognitivas excede el ámbito de este artículo. Un enfoque posible consiste en la enseñanza explícita de las estrategias metacognitivas, algo que se ha intentado con cierto éxito y con un cierto grado de transferencia y generalización [Campanario, 1995].

Las tradiciones artesanales de enseñanza y la falta de preparación del profesorado pueden ser un obstáculo para la mejora de la enseñanza y del aprendizaje de las ciencias. Al igual que sucede en otros terrenos, sin un cambio profundo en la formación de los profesores no será posible fomentar la aplicación de estrategias metacognitivas por parte de los alumnos de ciencias. Esperamos que este trabajo contribuya a despertar el interés de los profesores y los investigadores en los problemas relacionados con la metacognición.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D.P., NOVAK, J.D. y HANESIAN, H. (1983) *Psicología Educativa: Un punto de vista cognitivo*, Editorial Trillas: México.

- BAKER, L. (1985) How do we know when we don't understand? Standards for evaluating text comprehension. En D.L. Forrest-Pressley, G.E. Mackinnon, T.G. Waller (Eds) *Metacognition, cognition and human performance*, Academic Press: New York.
- BAKER, L. (1991) Metacognition, reading and science education. En C. M. Santa, D. Alvermann (Eds) *Science learning: Processes and applications*, International Reading Association: Newsdale, Delaware.
- BLESSING, S.B. y ROSS, B.H. (1996) Content effects in problem categorization and problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 22, 792-810.
- BROWN, A.L. (1988) Motivation to learn and understand: on taking charge of one's own learning. *Cognition and Instruction*, 5, 311-321.
- 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, ICE, Universidad de Zaragoza: Zaragoza, 87-126.
- CAMPANARIO, J.M. y OTERO, J.C. (1997) La "conspiración cognitiva" contra el trabajo del profesor de ciencias: Lo que los alumnos saben, saben hacer, creen y creen que saben. En revisión
- CAMPANARIO, J.M., GARCÍA-ARISTA, E., OTERO, J.C., PATRICIO, A., COSTA, E., PRATA, E.M., CALDEIRA, M.H. y THOMAS, M. (1994) Em que medida o controlo da comprensao ajuda a melhorar o rendimento académico? Uma investigaÇao com estudantes espanhois e portugueses. Comunicación presentada en FISICA' 94: *Encontro Ibérico para o Ensino da Física*, UBI-Covilha-Portugal.
- CARIN, A.A. y SAND, R.B. (1985) *Teaching modern science*, Merrill: Columbus, Ohio.
- CARRASCOSA, J. y GIL, D. (1985) La "metodología de la superficialidad" y el aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 3, 113-120.
- COSTA, A.L. (1986) Mediating the metacognitive. *Educational Leadership*, 42, 57-62.
- COSTA, J., CALDEIRA, H. GALLÁSTEGUI, J. OTERO, J. (1997). Análisis de las preguntas sobre un texto científico generadas en tareas de diferente exigencia. Comunicación presentada al V Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias, 10-13 Septiembre, Universidad de Murcia.
- CROOKS, T.J. (1988) The impact of classroom evaluation practices on students. *Review of Educational Research*, 58, 438-481.
- CHINN, C.A. y BREWER, W.F. (1993) The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63, 1-49.
- DRIVER, R. (1988) Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículum de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6, 109-120.
- ERTMER, P.A.; NEWBY, T.J. (1996) The expert learner: Strategic, self-regulated, and reflective. *Instructional Science*, 24, 1-24.
- ESLER, W.K. y ESLER, M.K. (1985) *Teaching elementary science*, Wadsworth: Belmont, California.
- FLAVELL, J.H. (1976) Metacognitive aspects of problem solving. En L.B. Resnick (Ed) *The nature of intelligence*, Lawrence Erlbaum: Hillsdale, New Jersey.
- GENYEA, J. (1983) Improving student's problem-solving skills. A methodological approach for ap reparatory chemistry course. *Journal of Chemical Education*, 60, 478-481.
- GIL, D. (1994) Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico. *Investigación en la Escuela*, 23, 17-32.
- GIL, D. y CARRASCOSA, J. (1990) What to do about science misconceptions?. *Science Education*, 74, 531-540.

- GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1991) *La Enseñanza de las Ciencias en la educación secundaria*, ICE, Universitat de Barcelona: 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, 131-146.
- GLENBERG, A.M. y EPSTEIN, W. (1987) Inexpert calibration of comprehension. *Memory and Cognition*, 15, 84-93.
- GLENBERG, A.M., WILKINSON, A.C. y EPSTEIN, W. (1982) The illusion of knowing: Failure in the self-assessment of comprehension. *Memory and Cognition*, 10, 597-602.
- GUNSTONE, R.F. y NORTHFIELD, J. (1994) Metacognition and learning to teach. *International Journal of Science Education*, 16, 523-537.
- HAMMER, D. (1994) Epistemological beliefs in introductory Physics. *Cognition and Instruction*, 12, 151-183.
- HEWSON, P. y HEWSON, M. (1983) The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction. *Instructional Science*, 13, 1-13.
- HEWSON, P.W. (1992) El cambio conceptual en la *Enseñanza de las Ciencias* y la formación de los profesores, Ponencia presentada en el encuentro sobre "Investigación y Desarrollo del Currículo en la Enseñanza de las Ciencias", CIDE: Madrid
- HODSON, D. (1994) Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 299-313.
- KEMBER, D. (1996) The intention to both memorise and understand: Another approach to learning?. *Higher Education*, 31, 341-354.
- KEMPA, R.F. (1991) Students' learning difficulties in science. Causes and possible remedies. *Enseñanza de las Ciencias*, 9, 119-128.
- KUHL, J. (1987) Feeling versus being helpless: Metacognitive mediation of failure-induced performance deficits. En F. Weinert y R.H. Kluwe (Eds.) *Metacognition, motivation and understanding*, Hillsdale, New Jersey.
- MOREIRA, M.A. (1994). Diez años de la revista "*Enseñanza de las Ciencias*": de una ilusión a una realidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 147-153
- NOVAK, J.D. (1982) *Teoría y práctica de la educación*, Alianza Universidad: Madrid.
- NOVAK, J.D. y GOWIN, D.B. (1988) *Aprendiendo a aprender*, Martínez Roca: Barcelona.
- OTERO, J.C. y CAMPANARIO, J.M. (1990) Comprehension evaluation and regulation in learning from science texts. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 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, 419-430.
- POSNER, G.J., STRIKE, K.A., HEWSON, P.W. y GERTZOG, W.A. (1982) Accomodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- PURDIE, N., HATTIE, J. y DOUGLAS, G. (1996) Student Conception of Learning and their use of Self-Regulated Learning Strategies: A Cross-Cultural Comparison. *Journal of Educational Psychology*, 88, 1, 87-100.

- REIF, F. y LARKIN, J.H. (1991) Cognition in scientific and everyday domains: Comparison and learning implications. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 733-760.
- RESNICK, L.B. (1983) Toward a cognitive theory of instruction. En S. Paris, G. Olson, H. Stevenson (Eds) *Learning and motivation in the classroom*, Lawrence Erlbaum: Hillsdale, New Jersey.
- ROTH, W.M., MCROBBIE, C.J., LUCAS, K.B. y BOUTONNÉ, S. (1997) Why may students fail to learn from demonstrations? A social practice perspective on learning in Physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 509-533.
- ROTH, W.M. y ROYCHOUDHURY, A. (1994) Physics students' epistemologies and views about knowing and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 5-30.
- RUMELHART, D.E. (1980) Schemata: The building blocks of cognition. En R.J. Spiro, B.C. Bruce, W.F. Brewer (Eds) *Theoretical issues in reading comprehension*, Lawrence Erlbaum: Hillsdale, New Jersey.
- SALINAS, J., CUDMANI, L.C. y PESA, M. (1996) Modos espontáneos de razonar: Análisis de su incidencia en el aprendizaje del conocimiento científico a nivel universitario básico. *Enseñanza de las Ciencias*, 14, 209-220.
- SPRING, H.T. (1985) Teacher decision making: A metacognitive approach. *Reading Teacher*, 39, 290-295.
- SWANSON, H. L. (1990). Influence of metacognitive knowledge and aptitude on problem solving. *Journal of Educational Psychology*, 82 (2), 302-314.
- TOBIN, K., TIPPINS, D.J. y HOOK, K. (1995) Students' beliefs about Epistemology, Science, and Classroom learning: A Question of fit. In Glynn, S.M. & Duit, R. (1995): *Learning Science in the Schools: Research Reforming Practice*. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers. Mahwah, New Jersey, 85-108.
- VAN DER MEIJ, H. (1994) Student questioning: A componential analysis. *Learning and Individual Differences*, 6, 137-161.
- VARGAS-GÓMEZ, R.G. y YAGER, R.E. (1987) Attitude of students in exemplary programs towards their science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 24, 87-91.
- VERMUNT, J.D. (1996). Metacognitive, cognitive and affective aspects of learning styles and strategies: A phenomenographic analysis. *Higher Education*, 31, 25-50.
- YAGER, R.E. y PENICK, J.E. (1986) Perception of four groups towards science classes, teachers and value of science. *Science Education*, 70, 335-363.
- ZIMMERMAN, B.J. (1990) Self-regulated learning and academic achievement: An Overview. *Educational Psychologist*, 25, 3-17.
- ZIMMERMAN, B.J. y MARTÍNEZ-PONS, M. (1990) Student differences in self-regulated learning: Relating grade, sex and giftedness to self efficacy and strategy use. *Journal of Educational Psychology*, 82, 51-59.