



Revista Eureka sobre Enseñanza y
Divulgación de las Ciencias
E-ISSN: 1697-011X
revista@apac-eureka.org
Asociación de Profesores Amigos de la
Ciencia: EUREKA
España

Solbes, Jordi

DIFICULTADES DE APRENDIZAJE Y CAMBIO CONCEPTUAL, PROCEDIMENTAL Y AXIOLÓGICO
(I): RESUMEN DEL CAMINO AVANZADO

Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, vol. 6, núm. 1, 2009, pp. 2-20
Asociación de Profesores Amigos de la Ciencia: EUREKA
Cádiz, España

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92012998002>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

DIFICULTADES DE APRENDIZAJE Y CAMBIO CONCEPTUAL, PROCEDIMENTAL Y AXIOLÓGICO (I): RESUMEN DEL CAMINO AVANZADO

Jordi Solbes

*Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universitat de València.
IES J Rodrigo Botet, Manises*

[Recibido en Septiembre de 2008, aceptado en Noviembre de 2008]

RESUMEN([Inglés](#))

El trabajo se inicia mostrando la relación que se estableció entre la filosofía de la ciencia, la psicología del aprendizaje y la didáctica de las ciencias, que lleva a la consolidación de ésta, en particular, con los estudios de las concepciones alternativas. Pero las dificultades de los estudiantes no pueden reducirse a las concepciones alternativas. Por eso es conveniente ampliar el concepto de dificultades de aprendizaje e incluir dificultades debidas al razonamiento de 'sentido común', a las actitudes negativas de los estudiantes, etc. En consecuencia, un cambio exclusivamente conceptual no tiene en cuenta estas nuevas dificultades y son necesarios otros cambios. Pero sobre ellos existe bastante confusión terminológica que intentamos aclarar.

Palabras clave: *dificultades de aprendizaje; cambio conceptual; procedural y axiológico.*

INTRODUCCIÓN

En este artículo se inicia con una breve revisión histórica de la didáctica de las ciencias (Porlán, 1998; Mtnez-Terrades, 1998; Aduriz e Izquierdo, 2002), desde la etapa en la cual la formación del profesorado de ciencias se basa única y exclusivamente en los contenidos científicos hasta la etapa en que este tipo de formación empieza a considerarse insuficiente y se completa con formación psicopedagógica. En ella adquieren una particular relevancia los psicólogos que se ocupan del aprendizaje (Ausubel, Piaget, Vigotsky, etc.). La segunda aún sigue vigente institucionalmente en nuestro país en el curso de aptitud pedagógica (CAP) y la primera ha vuelto a renacer en las declaraciones de algunos profesores universitarios opuestos al master de formación del profesorado de secundaria.

Pese a ello, la didáctica de las ciencias empieza a surgir hacia finales de los 70 y principios de los 80 como cuerpo de conocimientos cuando una serie de investigadores aplican a la vez las aportaciones de la filosofía de la ciencia de Kuhn, Lakatos, Toulmin, etc., y de la psicología cognitiva del aprendizaje a resolver los problemas de la educación científica, como veremos a continuación.

ANTECEDENTES DE LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

Para que se pueda desarrollar la didáctica de las ciencias es necesario, pero no suficiente, que se incluyan contenidos científicos en la enseñanza universitaria y preuniversitaria. Y aunque hoy asumimos como algo obvio que el sistema educativo incluya la enseñanza de las ciencias, sin embargo, esto es un hecho histórico bastante reciente. En efecto, la enseñanza institucionalizada de las ciencias se inicia a finales del siglo XVIII, durante la Revolución francesa, es decir, casi dos siglos después de la revolución científica del siglo XVI, con la creación de la Escuela politécnica, la Normal superior y, posteriormente, una Facultad de ciencias en 1811 (Moreno, 1987). Prosigue en las universidades alemanas a partir de la reforma de Alexander von Humboldt, que crearon un modelo más descentralizado que el francés, con catedráticos que unían docencia e investigación que se fue expandiendo a las universidades europeas y norteamericanas. También en esta época aparece la denominación de científico que sustituye a la de filósofo natural. A mediados del XIX empieza a incluirse asignaturas científicas en la enseñanza secundaria que, no olvidemos, era un privilegio de los varones de clase media y alta.

En España hay que esperar a mediados del siglo XIX a que la ley Pidal de 1845 cree los institutos de 2^a enseñanza y la ley Moyano de 1857 cree la Facultad de ciencias exactas, físicas y naturales (Moreno, 1988). Durante este período (segunda mitad del siglo XIX y principios del XX) se piensa que para enseñar ciencias basta con saberlas. De hecho, el principal problema en nuestro país a partir de las leyes antes mencionadas fue encontrar profesores con una adecuada formación científica, por lo que se planteó la creación de una Normal de profesores de ciencias, que funcionó un par de años, análoga a las Normales de Educación Primaria.

LA PSICOLOGÍA DEL APRENDIZAJE Y LAS INNOVACIONES EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DE LOS AÑOS 70

En la primera mitad del siglo XX empiezan a ponerse en cuestión la idea de que basta con conocer los contenidos conceptuales de las ciencias (Dewey, 1945). Precisamente este pedagogo publicó un artículo con esta crítica en la revista norteamericana *Science Education* creada en 1916. Por eso es preocupante es que una idea tan antigua continúe teniendo peso en la actualidad.

Después de la constitución de la Psicología como disciplina desgajada de la Filosofía y de la aparición de especialidades como la psicología evolutiva o del desarrollo y la educativa, empieza a plantearse la formación del profesorado como suma de los contenidos científicos y de los psicopedagógicos. Los primeros aportan los contenidos de la enseñanza y los segundos ideas sobre los métodos de enseñanza. Sirva como

APRENDIZAJE Y CAMBIO CONCEPTUAL, PROCEDIMENTAL Y AXIOLÓGICO (I)

ejemplo actual de esta concepción de la formación del profesorado de secundaria como suma de una licenciatura de contenidos científicos y el CAP (Furió y Gil, 1989).

En España, a finales de los años 70, los profesores de ciencias preocupados por mejorar sus prácticas educativas constituían un colectivo reducido que contaba con pocos recursos a su alcance. Cuatro décadas de franquismo sumieron prácticamente en el olvido todo el esfuerzo innovador realizado hasta 1936: la escuela moderna de Ferrer y Guardia, la Institución Libre de Enseñanza de Giner de los Ríos, etc. La innovación educativa sólo era promovida entre el profesorado por algunos Institutos de Ciencias de la Educación (ICEs) y por los Movimientos de Renovación Pedagógica (MRPs). Por otra parte, las investigaciones realizadas en las Facultades de Pedagogía tenían un carácter muy general y no abordaban los problemas específicos de las distintas áreas. Si se buscaba bibliografía sólo se encontraban las aportaciones de pedagogos como Freinet (1972, 1973), Freire (1970, 1974), etc., cuyas propuestas estaban un tanto alejadas de los problemas que planteaba la enseñanza de las ciencias. Algunos de los primeros libros de física y su didáctica o de didáctica de las ciencias que aparecen en nuestro país son los de Lahera (1968) o Fernández Uría (1976).

En cuanto a las aportaciones de la psicología en la década de los 70 hay que mencionar las procedentes de la psicología del aprendizaje asociacionista, como la taxonomía de objetivos de la educación de Bloom (1973), y de la psicología cognitiva, como las de Piaget, Ausubel y el procesado de la información.

En concreto, de las ideas de Piaget (1969, 1970) se valoran los estadios o etapas de desarrollo y los métodos de enseñanza que facilitan el paso del uno al otro, tomando como fundamento el concepto de adaptación que implica cambios en la organización de las estructuras cognoscitivas a lo largo del proceso evolutivo y que se realiza a través de los procesos de asimilación y acomodación.

También destaca la distinción entre aprendizaje memorístico y significativo realizada por Ausubel (1978). El primero es un aprendizaje literal sin comprensión, en el cual la información nueva no se asocia con los conceptos existentes en la estructura cognitiva y, por lo tanto, se produce una interacción mínima o nula entre la información recientemente adquirida y la información ya almacenada. El segundo es un aprendizaje con significado, en el cual se relaciona la nueva información con alguna idea relevante de la estructura conceptual del individuo.

A este respecto Novack (1982) señala que: *"Durante el aprendizaje significativo, los inclusores se modifican y se diferencian cada vez más. La diferenciación de los inclusores es el resultado de la asimilación de conocimientos nuevos durante el aprendizaje significativo. La diferenciación de conceptos también se produce a medida que se establecen relaciones nuevas entre ellos. La información que se aprende significativamente se retiene, en general, más tiempo que la que se aprende de memoria (la que no está relacionada con el inclusor) pero, con el tiempo, se hace imposible la recuperación consciente de los elementos relacionados. Cuando los elementos relacionados ya no se pueden recuperar de la memoria, se produce, según Ausubel, la inclusión olíferativa. Esto no quiere decir que el inclusor residual haya vuelto a su condición primitiva, anterior al proceso de inclusión. Aunque se produzca*

la perdida aparente de un elemento subordinado, la experiencia previa de aprendizaje a modificado el inclusor”.

Una consecuencia para la enseñanza de dicho modelo se puede resumir en la conocida frase de Ausubel (1978): *si yo tuviera que reducir toda la psicología educativa a un sólo principio enunciaría este: averíguese lo que el alumno ya sabe y enséñese consecuentemente.*

LAS CONCEPCIONES ALTERNATIVAS

A principios de los 70 la didáctica de las ciencias se planteaba la “revolución pendiente” de los trabajos prácticos, que veremos en el siguiente apartado, o el problema de los problemas. Pero el aprendizaje de los conceptos parecía más fácil, ya que al considerar al estudiante como una “tabula rasa” (Pinker, 2000), el aprendizaje se basaba en atender, copiar y repetir. Trabajos de Driver y Easley (1978) y de Viennot (1979), ponen de manifiesto que un gran porcentaje de estudiantes no habían logrado comprender los conceptos científicos más básicos, a pesar de la insistencia y repetición con que habían sido enseñados. Inicialmente se les denominó errores conceptuales y originaron gran parte de la investigación didáctica de los años 80 que intentaba indagar las causas de los mismos y desarrollar nuevas propuestas de enseñanza para superarlos. Esto dio lugar a una potente línea de investigación con un rápido y creciente desarrollo, paralelo al establecimiento de la Didáctica de las Ciencias como cuerpo específico de conocimientos. Se realizaron extensas recopilaciones bibliográficas, actualizadas recientemente por Duit (2004)

Se comprobó que los errores conceptuales (respuestas incorrectas en las situaciones en que tienen que utilizar dichos conceptos) no son simples olvidos o equivocaciones momentáneas, sino que se muestran como ideas seguras y arraigadas, son similares para alumnos de distintos países, son inconsistentes y presentan una notable resistencia a ser sustituidos por los conocimientos científicos en la enseñanza usual (Pinto et al, 1996).

Las investigaciones sobre errores conceptuales condujeron muy rápidamente a distintos autores a verificar la hipótesis plausible de la existencia en los niños de ideas sobre temas científicos previas al aprendizaje escolar y que fueron designadas de múltiples formas: preconceptos, preconcepciones, ideas previas, ideas alternativas, teorías implícitas, teorías ingenuas, ciencia de los niños, esquemas conceptuales alternativos, representaciones, etc. La gran diversidad terminológica que se utilizó en la década de los 80 para nombrar las ideas alternativas parece haber remitido después de la propuesta realizada de denominarlas, genéricamente, como concepciones alternativas independientemente de cómo fueron adquiridas (Wandersee et al. 1994).

La investigación en este dominio de la didáctica durante más de treinta años ha estudiado profusamente las principales características de las concepciones alternativas y ha hecho que se asuman una serie de proposiciones que resumen las presentadas detalladamente en Furió et al. (2006):

- a) Las concepciones alternativas están ampliamente representadas en el aprendizaje de las diferentes áreas científicas, lo que no es de extrañar si tenemos en cuenta su

origen en las experiencias cotidianas (desde la más temprana infancia) o en el propio lenguaje ordinario (Llorens et al. 1989).

b) Las concepciones alternativas más estables están organizadas en esquemas conceptuales coherentes y son más resistentes a la enseñanza habitual. Por ejemplo, la idea de fuerza como causa del movimiento o las ideas sobre la caída de graves y las fuerzas de inercia se apoyan mutuamente. También una serie de ideas sobre la estructura de la materia: su continuidad, la imposibilidad del vacío, la inmaterialidad de los gases o la extensión de las propiedades macroscópicas de las sustancias a los átomos que las constituyen (Llorens, 1991). O en la evolución las ideas sobre sus mecanismos (cambios adquiridos por uso o desuso de algunos órganos que se heredan) y su finalidad (evolución lineal, como progreso o mejora hasta su culminación en el hombre) (Gould, 1991; Jiménez, 2004).

c) Algunas concepciones alternativas se parecen a ideas de la historia de la ciencia (por ejemplo, el concepto aristotélico-escolástico de fuerza o la heredabilidad de caracteres adquiridos de Lamarck). Aunque la idea de un paralelismo estricto entre ellas ha sido cuestionada, lo cierto es que a partir de los obstáculos que se manifiestan a lo largo de la historia de la ciencia se puede extraer información sobre las dificultades de los estudiantes (Saltiel y Viennot, 1985; Driver et al. 1989).

MÁS ALLÁ DE LAS CONCEPCIONES ALTERNATIVAS: OTRAS DIFICULTADES DE APRENDIZAJE

Cada vez más la investigación didáctica en este dominio está viendo que las dificultades de los estudiantes no pueden reducirse a deficiencias conceptuales en el aprendizaje como son las debidas a la existencia de concepciones alternativas que estamos tratando.

Pero también tienen dificultades de aprendizaje en otras dimensiones como la metodológica, centrada en las estrategias de razonamiento que utilizan los estudiantes, o la propiamente afectiva que impregna el clima de aula, de las que nos ocuparemos a continuación.

Las dificultades de aprendizaje debidas a formas de razonamiento de 'sentido común'

En ocasiones se califican como concepciones alternativas errores que se repiten de forma típica en distintos niveles educativos pero que, en realidad, no responden a la existencia de ninguna idea de este tipo sino, más bien, a formas de razonamiento de 'sentido común', en particular, cuando los estudiantes han de relacionar ideas, en actividades más complejas como, por ejemplo, la resolución de problemas.

Aplicar, por ejemplo, la ecuación del movimiento uniforme en la forma $v = e/t$ en cualquier problema cinemático es algo que suelen hacer muchos alumnos pero que no responde a la existencia de una idea alternativa concreta sino a una tendencia a aplicar inmediatamente fórmulas que relacionen datos con incógnitas, sin preocuparse de su campo de validez. Este tipo de razonamiento estratégico de 'sentido común' que hemos denominado 'fijación funcional' puede encontrarse fácilmente tanto en

razonamientos cuantitativos como en cualitativos. Por ejemplo, aparece cuando los estudiantes responden mayoritariamente que no le pasa nada al estado de equilibrio de un sistema químico al que se le añade un gas inerte o cuando aplican irreflexivamente el principio de Le Chatelier (Furió et al., 2000).

Otros tipos de razonamiento análogos detectados en la investigación son la 'reducción funcional' y el 'razonamiento secuencial lineal' (Viennot, 1996). La reducción funcional es un tipo de causalismo simple bastante frecuente en la vida cotidiana en el que el alumno reduce injustificadamente el número de variables de las que depende una función a una solamente. El razonamiento secuencial lineal se ha detectado en el estudio de circuitos eléctricos (Pontes y De Pro, 2001) y consiste en ir haciendo un análisis paso a paso de los elementos que hay en cada rama del circuito sin tener en cuenta como pueden influir los elementos de las otras ramas en la globalidad del sistema. O sea, el estudiante trata de solucionar el problema razonando de forma local más simple sin pensar en una estrategia más compleja de tipo holístico donde se tenga en cuenta todo el sistema.

Dificultades metodológicas

El impacto que produjo la capacidad de los soviéticos para adelantarse en la carrera espacial con el lanzamiento del Sputnick en 1957 (Medina y Sanmartín, 1990) es una de las causas de los intentos de renovación en la enseñanza de las ciencias a partir de los años 60. Se cuestionan los objetivos, contenidos y métodos de enseñanza de las ciencias. Autores como Schwab y Bruner ponen en cuestión la enseñanza basada en la simple transmisión verbal y buscan en la utilización del "método científico" y, mas concretamente, en la realización de trabajos prácticos, la superación de las dificultades en el aprendizaje de las ciencias. Con estas prácticas se pretendía que los estudiantes fuesen descubriendo las cosas por sí mismos, mediante una amplia realización de observaciones y actividades experimentales guiadas por el método científico. Estas ideas influyeron en la elaboración de una serie de proyectos en los años 60/70 para la enseñanza de las ciencias: el CHEM Study, el Physics Science Study Comité (PSSC), los diversos proyectos de la fundación Nuffield de Biología, Física y Química.

Los resultados obtenidos con esta orientación de la enseñanza de las ciencias por descubrimiento, allí donde se llevó a cabo, no se mostraron tan positivos como inicialmente se había previsto. Son conocidas las críticas de Ausubel (1978) al respecto: *Como los términos "laboratorio" y "método científico" se volvieron sacrosantos en las preparatorias y las universidades los estudiantes fueron obligados a remediar los aspectos exteriormente conspicuos pero inherentemente triviales del método científico. En realidad con este procedimiento aprendieron poco de la materia y menos aún del método científico.*

Esto fue así porque las ideas sobre el "método científico" se basaban en la filosofía neopositivista, que no era una mera elucubración, sino que expresaba o racionalizaba algunos aspectos de la práctica de los científicos y, por ello, fueron en parte aceptadas y enseñadas por estos. En su versión inductivista (Carnap, 1969) afirma que la ciencia se construye en base a hechos firmes (objetivos e independientes de la teoría) y a infalibles generalizaciones inductivas de los mismos. Se establece un criterio de

APRENDIZAJE Y CAMBIO CONCEPTUAL, PROCEDIMENTAL Y AXIOLÓGICO (I)

demarcación que sólo acepta como científicas las proposiciones probadas por los hechos o las derivadas a partir de otras ya probadas y si en algún momento se descubre que alguna de ellas es errónea, se considera a científica, siendo desterrada a la historia de las creencias. De ahí que el desarrollo de las ciencias sea acumulativo tanto a nivel teórico como factual.

Después y cuestionando el inductivismo surge el falsacionismo (Popper, 1975) en el cuál si la teoría implica unos enunciados factuales, la falsedad de uno de esos enunciados implica la falsedad de la teoría. Al experimento que falsa la teoría se le denomina crucial. Si desecha una teoría, el criterio de demarcación exige a la nueva teoría que reproduzca las consecuencias validas de la vieja teoría falsada, que corrija sus errores y que haga predicciones no hechas anteriormente, que puedan ser falsadas a su vez. En cuanto al desarrollo de la ciencia, la provisionalidad es total ya que las teorías son falsables. Pero tanto el inductivismo como el falsacionismo comparten: 1. La separación entre el "contexto del descubrimiento" (cómo han surgido las ideas) y el "contexto de la justificación" (relaciones lógicas entre proposiciones teóricas y empíricas), interesándose fundamentalmente por este último. 2. La distinción entre los términos observacionales y teóricos, siendo los primeros los jueces absolutos de la ciencia. 3. La filosofía de la ciencia pretende tener un carácter normativo respecto a la ciencia.

Las nuevas ideas de la filosofía de la ciencia que surgen a partir de los años 60 (Kuhn 1971, Feyerabend 1970, Lakatos y Musgrave 1975, Toulmin 1972) ponen en cuestión los pilares de la filosofía de las ciencias neopositivista: la observación y el experimento como jueces absolutos de la ciencia, la pretensión del carácter normativo respecto a la ciencia de la filosofía de la ciencia que pasa a tener un carácter más descriptivo y, por último el criterio de demarcación, no interesándose únicamente por el "contexto de la justificación", sino tomando en cuenta factores externos, contextuales, especialmente en Kuhn y Toulmin.

Obviamente esto tiene implicaciones en la imagen de las ciencias y en la enseñanza de las mismas. Permite cuestionar las visiones empiristas y ateóricas, que resaltan el papel de la observación y la experimentación, las visiones rígidas del método científico, como el clásico OHERIC (observación, hipótesis, experimentación, resultados y conclusiones) y, sobre todo, un criterio de demarcación que determina claramente lo que es ciencia (las proposiciones teóricas y empíricas) y lo que no (el contexto histórico, las relaciones de la ciencia con la tecnología, la sociedad y el medio ambiente) (Solbes y Vilches, 1989; Matthews, 1991; Gil, 1993; Solbes y Traver, 1996).

Las dificultades de aprendizaje debidas a las actitudes negativas

Las actitudes son motores que impulsan el aprendizaje de las ciencias, pero también obstáculos si dichas actitudes son negativas, ya que este último caso pueden ir en detrimento de la motivación y sin ésta el aprendizaje no es posible. Por otra parte, las actitudes tienen implicaciones en la forma de comportarse los alumnos en clase y fuera de ella y, por tanto, son uno de los elementos que más pueden obstaculizar (o favorecer) el trabajo cotidiano del profesorado.

Pero lo cierto es que, en general, en el aula apenas son objeto de tratamiento ya que no se sabe muy bien qué hacer al respecto y mucho menos cómo evaluarlas. Y las dificultades proceden en muchos casos de la complejidad del propio concepto de actitud (Furió y Vilches, 1997), que convendrá clarificar y conocer sus dimensiones, así como distinguirlo de otros constructos como valores, comportamientos, motivación y creencias.

Las actitudes propiamente dichas (o su componente conductual) se refieren a disposiciones a comportarse de modo consistente. El conocimiento de las normas (componente cognitivo) estaría constituido por las ideas o creencias sobre cómo hay que comportarse. Y finalmente los valores (dimensión afectiva) se referirán al grado en que se han interiorizado los principios que rigen el funcionamiento de esas normas (Pozo y Gómez, 1998).

Existen diferentes formas de clasificar las actitudes (Solbes y Vilches, 1989; Munby, 1997; Manassero et al, 2001). En estos trabajos se distingue entre actitudes hacia el aprendizaje de la ciencia (se trata de que el alumno se interese por la ciencia, que este motivado para aprenderla, que se crea capaz de comprenderla y aprobarla, etc.), actitudes hacia la ciencia (la curiosidad y el espíritu de indagación, el rigor y la precisión, el escepticismo y el espíritu crítico, etc.) y actitudes hacia las implicaciones sociales de la ciencia (actitud crítica ante los problemas que plantea el desarrollo de la ciencia, la defensa del medio ambiente, hábitos de conducta y consumo, conocimiento de la relaciones CTSA, etc.).

Estos valores y normas pueden actuar como obstáculos, como se puede ver en las resistencias del alumnado y de sectores de la sociedad a la teoría de la evolución de Darwin o del profesorado a enseñar las implicaciones políticas, económicas o culturales de la ciencia (Solbes y Vilches, 1995) o a revisar su forma de evaluar y sus resultados negativos (Alonso et al., 1992). En todos estos casos hay ideas, creencias y valores subyacentes, de una religión fundamentalista en el primer caso, o sobre qué es la ciencia o sobre la inteligencia y sus resultados académicos, en los restantes. Estas normas y valores, por su gran difusión en la sociedad y por su carácter legitimador, constituyen lo que los sociólogos denominan una ideología y, en consecuencia, son mucho más difíciles de cambiar que unas simples preconcepciones.

CAMBIO CONCEPTUAL Y CONSTRUCTIVISMO

Para un enfoque en el que las ideas alternativas (que pueden estar agrupadas en esquemas) son la fuente principal de los errores conceptuales, se plantea la necesidad de la sustitución de esos conceptos (o esquemas) previos por otros nuevos, es decir, la necesidad de un *cambio conceptual*. Para que se produzca éste es necesario, según Posner et al. (1982) que:

- Exista insatisfacción con las ideas previas, para lo cual el profesor debe presentar un número suficiente de anomalías o problemas que el esquema no pueda resolver.
- Las ideas nuevas sean inteligibles (el alumno debe comprender lo que significan), plausibles (reconciliables con los fenómenos conocidos) y fructíferas (capaces de

APRENDIZAJE Y CAMBIO CONCEPTUAL, PROCEDIMENTAL Y AXIOLÓGICO (I)

explicar las anomalías encontradas y ampliar el campo de conocimientos, abriendo nuevos campos de investigación).

Uno de los modelos para la enseñanza de las ciencias basados en el cambio conceptual más conocido es el de Driver (1986, 1988). Se estructura en torno a una secuencia de actividades específicamente elaboradas para conseguir dicho cambio, en cuatro fases:

- *Orientación*: Destinada a despertar la atención y el interés de los alumnos por el tema.
- *Explicitación*: Consiste en la exposición por los alumnos de sus ideas, que permite la identificación y clarificación de las mismas.
- *Reestructuración*: Donde han de modificarse las ideas de los alumnos por medio de diferentes estrategias que pueden incluir el uso combinado de contraejemplos o actividades destinadas a provocar insatisfacción con las propias ideas, modelos, analogías, diseño de experiencias para ayudar a clarificar y diferenciar ideas, etc. Dentro de esta fase se incluye también la inclusión de diversas oportunidades para que los alumnos prueben y apliquen sus concepciones revisadas y hacer así que adquieran confianza en las mismas
- *Revisión del cambio de ideas*: Se trata de comparar las nuevas ideas con las iniciales.

Las estrategias de cambio conceptual propuestas por Driver fueron posteriormente usadas por otros investigadores para introducir en ellas algunas modificaciones y para hacer sus propias propuestas al respecto.

La propuesta de considerar el aprendizaje como un *cambio conceptual* ejerció una particular influencia en el replanteamiento de la enseñanza de las ciencias, fundamentada en la analogía existente entre el aprendizaje individual y el cambio conceptual en las disciplinas científicas que, como señalaba Hewson (1981) fue muy fructífera y propició un marco adecuado para el análisis del aprendizaje de las ciencias. Es decir, se establecieron relaciones entre las investigaciones en didáctica de las ciencias (ideas alternativas, cambio conceptual), la psicología cognitiva (en especial con autores como Ausubel, Piaget, Vigotsky...) y la filosofía de las ciencias (Bachelard, Kuhn, Lakatos, Toulmin...). Según esto, el cambio conceptual se consideró semejante, en cierta forma, a los cambios de paradigma en las ciencias señalados por Kuhn. Se relacionó el cambio conceptual con los procesos de acomodación de Piaget, sin los que no parecía posible el aprendizaje significativo de Ausubel. Si no había interacción entre la estructura conceptual previa y la nueva información se producía el aprendizaje memorístico, erróneamente denominado así por Novack, ya que todo aprendizaje implica memoria y produce cambios en la misma (López, 1999; Ratey, 2002), por lo que parece mejor la denominación de Ausubel de aprendizaje repetitivo.

Todo esto dio lugar a propuestas que -al margen de algunas diferencias, particularmente terminológicas- coinciden básicamente en concebir el aprendizaje de las ciencias como una construcción de conocimientos, que parte necesariamente de un conocimiento previo. Se puede hablar así de la emergencia de un *modelo constructivista* de enseñanza y aprendizaje de las ciencias (Novak, 1988) que integró las investigaciones sobre didáctica de las ciencias (Hewson, 1981; Posner, et al.,

1982; Gil y Carrascosa, 1985; Osborne y Wittrock, 1983; Resnick, 1983; Driver, 1986 y 1988; Hodson, 1988...) con las contribuciones antes mencionadas de la psicología y la filosofía de las ciencias. Aunque algunos constatan la existencia de diferentes tipos o corrientes de constructivismo, también es cierto que existe una corriente mayoritaria, que insiste en el consenso, y otras minoritarias (piagetiana, ausubeliana, radical), que recalcan más las diferencias (Marín et al, 1999).

Una de las revistas científicas más importantes, *Science*, se hizo eco de este concepto al publicar el trabajo de Resnick (1983) que resume así las principales características de la visión constructivista: quienes aprenden construyen activamente significados, no reproducen simplemente lo que leen o se les enseña; comprender algo supone establecer relaciones, los fragmentos de conocimiento aislados son olvidados; todo aprendizaje depende de conocimientos previos.

MÁS ALLA DEL CAMBIO CONCEPTUAL

Con el tiempo se fue viendo que el proceso de cambio conceptual descrito anteriormente presentaba serios inconvenientes y quizás uno de los más importantes sería el de su carácter artificial, que puede llegar a producir en los alumnos que lo sufren actitudes de cansancio y de rechazo al verse forzados de forma sistemática a exponer cuales son sus ideas de partida, para que luego resulte que éstas (como se encarga de mostrar el profesor), son casi siempre equivocadas.

Las dificultades encontradas en los modelos de cambio conceptual han hecho que se realicen otras propuestas teniendo en cuenta la complejidad del proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Se habla así de cambios metodológicos (superación de los razonamientos de sentido común, de la metodología superficial); procedimentales (referidos a la adquisición de procedimientos generales de trabajo intelectual); o epistemológicos, que son los más polisémicos, ya que algunos los refieren a cambios en las estrategias de razonamiento, otros a cambios en las visiones sobre la naturaleza de la ciencia y, por último, Vosniadu (1994) a cambios en los principios que restringen la información procesada. Por otra parte tenemos el cambio actitudinal (que tiene en cuenta los intereses de los alumnos, sus actitudes hacia la ciencia y su aprendizaje, etc.), aunque también se puede denominar axiológico (para incluir valores y normas) (Solbes, 1999). Y por último, tenemos el cambio entre categorías del pensamiento (Chi et al, 1994), y el cambio epistemológico de Vosniadu (1994) que, en el fondo, nos permiten distinguir entre cambios conceptuales radicales y normales.

Esta gran pluralidad de denominaciones puede ser debida, según Oliva (1999) a que todos estos cambios han sido mucho menos investigados que el cambio conceptual. Y por otra parte ponen de manifiesto la necesidad de alguna propuesta terminológica que sea capaz de acabar con la diversidad de términos.

Desde nuestro punto de vista, el modelo de cambio exclusivamente conceptual adolece de otras dimensiones del aprendizaje importantes como la procedimental (o metodológica o epistemológica) y la axiológica (o actitudinal) que hay que tener en cuenta en el aprendizaje de las ciencias. Posiblemente las dos denominaciones fuera

del paréntesis son las más adecuadas, ya que el método de trabajo científico es un procedimiento y lo axiológico incluye actitudes, valores y normas.

El cambio procedural o metodológico

Por ello el nuevo modelo didáctico debería, pues, enfocar el aprendizaje, no sólo como cambio conceptual, sino también como cambio metodológico. Los alumnos únicamente llegarán a cambiar sus formas usuales de razonamiento y a superar sus tendencias metodológicas usuales de sacar conclusiones precipitadas y a generalizar acríticamente a partir de observaciones meramente cualitativas si son puestos reiteradamente en situación de aplicar la metodología científica, es decir, en situación de plantearse problemas, emitir hipótesis a la luz de los conocimientos previos, diseñar experimentos, realizarlos, analizar los resultados, que verifican o falsan la hipótesis, etc. (Gil et al., 1991; González, 1992).

Y, además, este planteamiento de ajustar la enseñanza a las características de la metodología científica es necesario, no sólo porque la familiarización de los alumnos con el trabajo científico sea un objetivo en sí, sino porque los cambios conceptuales durables se ven favorecidos por cambios metodológicos en el alumno (Gil y Carrascosa, 1985).

Otros autores (Juandó et al, 1997; Lawson, 1994) plantean que además de las estrategias de investigación científica es necesaria la adquisición de procedimientos generales de trabajo intelectual. Entre los procedimientos que se deben aprender mencionan los siguientes:

1. Adquirir nueva información (de observación, manejo y selección de fuentes de información, etc.).
2. Elaborar o interpretar los datos recogidos (traduciéndolos a un formato, modelo o lenguaje conocido o usando modelos para interpretar situaciones).
3. Analizar y hacer inferencias a partir de esa información (predecir la evolución de un sistema, planificar y realizar un experimento extrayendo conclusiones, o comparar las implicaciones de diversas informaciones, etc.).
4. Comprender y organizar conceptualmente la información que recibe (haciendo clasificaciones y taxonomías, estableciendo relaciones entre conceptos, comprendiendo los textos o el discurso escolar)
5. Saber comunicar sus conocimientos (dominando tanto los recursos de expresión oral y escrita como la representación gráfica o numérica de la información).

Con la denominación de contenido procedural se integran los procedimientos de investigación científica, incluyendo las destrezas manuales necesarias, y también procedimientos generales de cualquier trabajo intelectual, incluyendo las de comunicación. En un sentido amplio, incluso el aprendizaje de estrategias metacognitivas, es decir, de estrategia de aprender a aprender (Campanario y Otero, 2000) podría tener cabida en este epígrafe.

Cambio axiológico (o actitudinal)

A mediados de los 80, se constató además un descenso del interés de los alumnos hacia el aprendizaje de las ciencias (en especial, la física y la química) y, en consecuencia, un abandono de su estudio (Yager y Penick, 1986; Matthews, 1991). Por ello, las propuestas de los años 90 proponen conseguir no sólo cambios conceptuales y procedimentales, sino también axiológicos y actitudinales (Aikenhead, 1985; Solbes y Vilches, 1997; Duschl y Gitomer, 1991). En trabajos recientes se constata que ese desinterés no ha hecho más que aumentar (Solbes, Monserrat y Furió, 2007; Vázquez y Manassero, 2008). Por tanto, el principal cambio actitudinal es interesar, motivar a los estudiantes hacia el aprendizaje de las ciencias.

Aunque las normas (dimensión cognitiva de las actitudes) pueden enseñarse y aprenderse como un contenido verbal más, su aceptación afectiva y conductual, su conversión en valores y actitudes propiamente dichas requiere mecanismos de aprendizaje específicos.

El mecanismo más simple de aprendizaje y cambio de actitudes en la enseñanza de las ciencias son los refuerzos positivos y negativos (premios y castigos), pero desde hace ya tiempo se ha visto que la motivación extrínseca es un sistema limitado para lograr cambios estables y duraderos. Debe acompañarse por otros mecanismos específicos de aprendizaje social. Uno de los más importantes es aprendizaje por imitación de un modelo (profesor, compañeros, etc.). Esto requiere identificación con el modelo o la conformidad de éste con la mayoría social. Como esta coincidencia no siempre se produce, hay que tener en cuenta que este aprendizaje por imitación, suele ser un proceso de aprendizaje más implícito que explícito. Por ello, es importante que los profesores hagan explícitas no sólo las actitudes que desean en sus alumnos sino también las que ellos intentan manifestar a través de sus conductas (Pozo y Gómez, 1998).

Al igual que sucede en otros ámbitos del aprendizaje de las ciencias, puede hablarse aquí de que los alumnos tienen actitudes previas y valores ya establecidos, que de algún modo la educación científica, para lograr sus metas, debe lograr cambiar. El cambio actitudinal implica poner en marcha procesos de aprendizaje en la que no es suficiente la persuasión, mediante discursos éticos, sino que requiere sobre todo un ejercicio continuado o repetido de conductas que consoliden esos valores en los alumnos. Aunque los modelos ayuden a promover y consolidar actitudes en los alumnos, los cambios en esas actitudes parecen requerir situar al alumnado en situaciones de conflicto o disonancia sociocognitivo (Pinker, 2000), por ejemplo, entre el conocimiento de que el alcohol y el tabaco son perjudiciales para la salud y sus actitudes y conductas habituales, lo que genera conflictos que requieren solución.

Un instrumento muy potente para conseguir dicho cambio es la inclusión de contenidos de historia de la ciencia y de interacciones CTSA (Solbes y Vilches, 1995 y 1997; Solbes y Traver, 1996 y 2003). Y esto último por las siguientes razones:

- presentar una imagen más contextualizada y, por tanto, menos deformada de la ciencia,
- desarrollar actitudes positivas y críticas hacia la ciencia, intentando superar el desinterés y el rechazo,

- mejorar el aprendizaje, dado que éste "estará *limitado si la persona no ve conexiones relevantes entre esa actividad y sus intereses personales*" (Pope y Gilbert, 1983).

El cambio conceptual normal y el radical

Según Chi et al (1994), las personas clasificamos los objetos en un número determinado de categorías a las que atribuimos unas propiedades determinadas. Estas categorías son materia (que tiene peso, volumen, es almacenable), procesos y estados mentales. A título de ejemplo, señalar que la materia se divide en natural (que a su vez se divide en vivos y no vivos) y artificial (o artefactos).

Estas representaciones de los sujetos, deben ser analizadas desde la perspectiva de sistemas de conocimiento con estructuras o subestructuras complejas y no como entidades aisladas (Vosniadou, 1994). Distingue por ello tres niveles de organización del conocimiento: las teorías marco o estructurales, con principios ontológicos (lo que puede o no existir) y epistemológicos (lo que debe o no ser explicado), las teorías específicas, para un rango limitado de fenómenos y los modelos mentales, que se generan *in situ* en respuesta a demandas contextuales (con lo que se explicar el hecho conocido por los investigadores en didáctica de las ciencias de que muchos errores conceptuales no responden a ideas alternativas, sino que se trata de respuestas *ad hoc*).

Chi et al. (1994), que pretenden unificar las discrepancias en la bibliografía sobre cambio conceptual se produce un cambio ontológico (o cambio conceptual radical) cuando se cambia entre diferentes categorías (por ejemplo, los estudiantes tienen conceptos como energía, fuerza, intensidad, etc., clasificados como materia y pasan a clasificarlos como procesos, al igual que la ciencia los califica). Se habla de cambio conceptual normal cuando este se produce dentro de una misma categoría.

Por otra parte, Vosniadou (1994) sostiene que las teorías marco vienen caracterizadas por unos principios epistemológicos que permiten restringir la información procesada, es decir, todo lo que no puede interpretarse desde esos principios, no se procesa. Así, en el procesamiento de los movimientos se identifican varios principios incluso en bebés (Pinker, 2000): los objetos inanimados no se mueven por sí mismos, un objeto son partes que se mueven conjuntamente, se mueven porque son empujados (porque actúan fuerzas de contacto sobre ellos), se mueven en trayectorias continuas, etc. Se puede producir un cambio en la teoría específica de los estudiantes, pasando de la teoría aristotélica del movimiento a la teoría medieval de ímpetus, sin cambiar los principios epistemológicos de las teorías marco. Sólo en este último caso se podría hablar de cambio conceptual.

CONCLUSIONES

Hemos mostrado como, aunque inicialmente la formación del profesorado de ciencias se basa única y exclusivamente en los contenidos científicos, al cabo del tiempo se establece una fecunda relación entre la filosofía de la ciencia, la psicología del aprendizaje y la didáctica de las ciencias, que lleva a la consolidación de ésta, en particular, con los estudios de las concepciones alternativas.

En este trabajo se ha puesto de manifiesto que las dificultades de los estudiantes no pueden reducirse a las concepciones alternativas. Por eso es conveniente ampliar el concepto de dificultades de aprendizaje e incluir las debidas a formas de razonamiento de 'sentido común', a las actitudes negativas de los estudiantes, etc. También contemplar el aprendizaje de los conocimientos científicos, en sentido amplio, como un proceso al que es necesario incorporar otras estrategias que no solo favorezcan los cambios conceptuales (que como hemos visto son más complejos que una mera sustitución) sino también otros tipos de cambios como los procedimentales y los axiológicos. Con estas denominaciones se toma en el trabajo una opción unificadora sobre la diversidad terminológica existente en cuanto a los cambios.

Este modelo de cambio conceptual, procedural y axiológico parece ser el más completo sobre el aprendizaje elaborado por la didáctica de las ciencias. Se ha plasmado en los programas curriculares de las administraciones y, también, en las propuestas de evaluación del alumnado de secundaria, que tienen en cuenta el aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes. También hemos visto que a nivel teórico los cambios procedural y axiológico necesitarían más elaboración, la carencia de la cual se traduce en una cierta confusión a nivel práctico, es decir, en textos, profesores, etc.

Pero avances recientes en las ciencias cognitivas, en las neurociencias y en los estudios CTS, la realidad de la educación científica no formal y otros nuevos problemas educativos plantean profundizaciones en la enseñanza de los conceptos, los procedimientos y los valores y actitudes, que serán objeto de un próximo trabajo.

Agradecimientos: A los profesores Carles Furió, de la Universitat de València y Eduardo González, de la Universidad Nacional de Córdoba, por la lectura del manuscrito y sus múltiples sugerencias.

REFERENCIAS

- ADURIZ, A. y IZQUIERDO, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista electrónica de Enseñanza de la Ciencias*, 1 (3).
- AIKENHEAD, G. S. (1985). Collective decision making in the social context of science, *Science Education*, 69, (4), 453-475.
- ALONSO, M., GIL, D. y MTNEZ-TORREGROSA, J. (1992). Concepciones espontáneas de los profesores de ciencias sobre la evaluación. Obstáculos a superar y propuestas de replanteamiento, *Revista de Enseñanza de la Física*, 5 (2), 18-38.
- AUSUBEL, D. P. (1978). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas
- BLOOM, B.S. et al. (1973). *Taxonomía de los objetivos de la educación*, Alcoy: Marfil.
- CAMPANARIO, J. M., y OTERO, J.C. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje. Las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (2), 155-169.

APRENDIZAJE Y CAMBIO CONCEPTUAL, PROCEDIMENTAL Y AXIOLÓGICO (I)

- CARNAP, R. (1969). *Fundamentación lógica de la física*, Buenos Aires: Sudamericana.
- CHI, M.T.H., SLOTTA, J. & LEEUW, W. (1994). From things to processes: a theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4 (1), pp. 27-43.
- DEWEY, J. (1945). Methods in Science Teaching. *Science Education*, 29, pp. 119-123.
- DRIVER, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), pp. 3-15.
- DRIVER, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), pp. 109-120.
- DRIVER, R. & EASLEY, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Sciences Education*, 5, 61-84
- DRIVER, R. GUESNE, E. y TIBERGHIEN, A. (1989). *Ideas Científicas en la infancia y la adolescencia*, Madrid : Morata.
- DUIT, R. (2004). Bibliography: Students' and teachers' conceptions and science education (STCSE). Kiel, Germany: Leibniz Institute for Science Education (IPN) (<http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html>).
- DUSCHL, R. & GITOMER, D. (1991). Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice. *Journal Research in Science Teaching*, 28, 839-858.
- FERNÁNDEZ URÍA, E. (1976). *Estructura y didáctica de las Ciencias*, Madrid: Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación.
- FEYERABEND, P. (1970). *Contra el método*, Barcelona: Ariel.
- FREINET, C. (1972). *Por una escuela del pueblo*, Barcelona: Editorial Laia.
- FREINET, C. (1973). *La enseñanza de las ciencias*, Barcelona: Editorial Laia. Barcelona.
- FREIRE, P. (1970). *Pedagogía del oprimido*, Buenos Aires: Siglo XXI.
- FREIRE, P. (1974). *La educación como práctica de libertad*, Buenos Aires: Siglo XXI.
- FURIÓ, C., CALATAYUD, Mª L., BÁRCENAS, S. L. & PADILLA, O. M. (2000). Functional Fixedness and Functional Reduction as Common Sense Reasonings in Chemical Equilibrium and in Geometry and Polarity of Molecules, *Science Education*, 84, 545-565.
- FURIÓ, C. Y VILCHES, A. (1997). Las actitudes de los estudiantes hacia las ciencias y las relaciones CTS, en Del Carmen (Coor): *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.
- FURIÓ, C., SOLBES, J. Y CARRASCOSA, J. (2006). Las ideas alternativas sobre conceptos científicos: tres décadas de investigación. Resultados y perspectivas. *Alambique*, 48, 64-78.

- GIL, D. (1993). Contribución de la historia y la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/ aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), 197-212.
- GIL, D. & CARRASCOSA, J. (1985). Science learning as a conceptual and methodological change. *European Journal of Science Education*, 7 (3), 231-236.
- GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y MTNEZ-TORREGROSA, J. (1991). *La Enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria*. Barcelona: Horsori-ICE Universidad de Barcelona.
- GONZÁLEZ, E. (1992). ¿Qué hay que renovar en los trabajos prácticos? *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (2), 206-211.
- GOULD, S. J. (1991). *La vida maravillosa*, Barcelona: Crítica.
- HODSON, D. (1988). Towards a philosophically more valid science curriculum. *Science Education*, 72 (1), 19-40.
- JIMÉNEZ, M. P. (2004). El modelo de evolución de Darwin y Wallace en la enseñanza de la Biología, *Alambique* 42, 72-81.
- JUANDÓ, J., TRABAL, M., BUSQUETS, P. y GELI, A.M. (1997). "Enseñar y aprender estrategias en las ciencias experimentales". En PEREZ, M.L. (ed) *La enseñanza y aprendizaje de las ciencias desde el currículum*. Barcelona: Horsori.
- KUHN, TH. S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de cultura económica.
- LAHERA, J. (1969). *Introducción a la didáctica de la Física*. Barcelona: Vicens Vives.
- LAKATOS, I. y MUSGRAVE, A (Eds.). (1975). *Crítica y conocimiento*, Barcelona: Grijalbo.
- LAWSON, (1994). Research on the acquisition of science knowledge: epistemological foundations of cognition. En GABEL, D. L. (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: McMillan.
- LÓPEZ, J. C. (1999). *El taller de la memoria*, Alzira: Bromera.
- LLORENS, J. A. (1991). *Comenzando a aprender química*. Madrid: Visor.
- LLORENS, J. A., DE JAIME, M. C. y LLOPIS, R. (1989). La función del lenguaje en un enfoque constructivista del aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (2), 111-119.
- MANASSERO, M.A., VÁZQUEZ, A. Y ACEVEDO, J.A (2001). *Avaluació dels temes de Ciencia, tecnología i Societat*, Illes Balears. Conselleria d'Educació i Cultura.
- MARÍN, N., JIMÉNEZ, E. Y SOLANO, I. (1999). Tirando del hilo de la madeja constructivista. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), 479-492.
- MARTÍNEZ TERRADES, F. (1998). *La didáctica de las ciencias como campo específico de conocimiento*, Tesis doctoral, Departament de les Ciències Experimentals, Universitat de València.

APRENDIZAJE Y CAMBIO CONCEPTUAL, PROCEDIMENTAL Y AXIOLÓGICO (I)

- MATTHEWS, M. R. (1991). Un lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las Ciencias *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 11-12, 141-155.
- MEDINA, M. y SANMARTIN, J. (Eds). (1990). *Ciencia, Tecnología y Sociedad*. Barcelona: Anthropos.
- MUNBY, H. (1997). Issues of validity in science attitude measurement. *Journal of Research in Science Teaching*, 34 (4), 337-341
- NOVAK, J. D. (1982). *Teoría y práctica de la educación*. Madrid: Alianza.
- OLIVA, J. M. (1999). Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), 93-109.
- OSBORNE, R. & WITTRICK, M. (1983). Learning Science: a generative process. *Science Education*, 67, 490-508.
- PIAGET, J. (1969). *Psicología y pedagogía*, Barcelona: Ariel.
- PIAGET, J. (1970). *La epistemología genética*. Barcelona: Redondo.
- PINKER, S. (2000). *Cómo funciona la mente*, Barcelona: Destino.
- PINTO, R., ALIBERAS, J. Y GÓMEZ, R. (1996). Tres Enfoques sobre la investigación en concepciones alternativas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), 221-232.
- PONTES, A. y DE PRO, A. (2001). Concepciones y razonamientos de expertos y aprendices sobre electrocinética: consecuencias para la enseñanza y la formación de profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (1), 103-122.
- POPE, M. & GILBERT, J. (1983). Personal Experience and the construction knowledge in science. *Science Education*, 67, 193-203.
- POPPER, K. R. (1975). La ciencia normal y sus peligros, en LAKATOS I Y MUSGRAVE A (Eds.), *Crítica y conocimiento*, Barcelona: Grijalbo.
- PORLÁN, R. (1998). Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), 175-186.
- POSNER, G. J., STRIKE, K. A., HEWSON, P. W. & GERTZOG, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: towards a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- POZO, J. I. y GÓMEZ, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*, Madrid: Morata.
- RATEY, J. J. (2003). *El cerebro: manual de instrucciones*, Mondadori: Barcelona.
- RESNICK, L. B. (1983). Mathematics and Science Learning: a new conception. *Science*, 220, 477-478.
- SALTIEL, E. y VIENNOT, L. (1985). ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes? *Enseñanza de las Ciencias*, 3(2), 137-144.
- SOLBES, J. (1999). Los valores en la enseñanza de las ciencias, *Alambique*, 22, 97-109.

- SOLBES, J., MONTSERRAT, R. Y FURIÓ, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 21, 91-117.
- SOLBES, J. y TRAVER, M. (1996). La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química, *Enseñanza de las ciencias*, 14 (1), 103-112.
- SOLBES, J. & TRAVER, M. (2003). Against negative image of science: history of science in the physics & chemistry Education, *Science & Education*, 12, 703-717.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (1989). Interacciones ciencia-técnica-sociedad: un instrumento de cambio actitudinal. *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (1), 14-20.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (1995). El profesorado y las actividades CTS, *Alambique*. 3, 30-38
- SOLBES, J. & VILCHES, A. (1997). STS interactions and the teaching of physics and chemistry. *Science Education*, 81 (4), 377-386.
- TOULMIN, S. (1972). *La comprensión humana: I. El uso colectivo y la evolución de los conceptos*, Madrid: Alianza.
- VAZQUEZ, A. y MANASSERO, M. A. (2008). El declive de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes: Un indicador inquietante para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, 2008, 5(3), 274-292.
- VIENNOT, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *Eur. J. of Science Education*, 1 (2), 205-221
- VIENNOT, L. (1996). *Raisonneer en physique*. Paris: De Boek & Larcier s.a.
- VOSNIADOU, S. (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4 (1), 45-69.
- WANDERSEE, J., MINTZES, J. J. & NOVAK, J. D. (1994). Research on Alternative Conceptions in Science. En D.L. Gabel (ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, pp. 177-210. New York: Macmillan Publishing Company.
- YAGER, R.E. & PENICK, J.E. (1986). Perception of four age groups towards science classes, teachers and values of science, *Science Education*, 70, 353-356.

LEARNING DIFFICULTIES AND CONCEPTUAL, METHODOLOGICAL AND AXIOLOGICAL CHANGE (I)

SUMMARY

The work begins showing the relation that was settled down among the philosophy of the science, the psychology of the learning and the didactics of the sciences, that takes to the consolidation of the this one, in particular, with the studies of the alternative conceptions. But the students' difficulties can't be reduced to the alternative conceptions. For that reason the concept of learning difficulties should be extended and difficulties owed to the reasoning of common sense should be included in that concept, as well as the negative attitudes of students. Consequently, an exclusively conceptual change doesn't take into account these new difficulties and so, other types of changes are necessities. But there is some terminological misunderstanding about the changes that we try to clarify in this article.

Key words: *learning difficulties; conceptual; methodological and axiological change.*