

Carles Furió, Jordi Solbes, Jaime Carrascosa. (2006). Revista Alambique 48, pp 64-77.

Las ideas alternativas sobre conceptos científicos: tres décadas de investigación

Carles Furió

Jordi Solbes

Jaime Carrascosa

Palabras clave: enseñanza, ciencias naturales, concepciones alternativas, características, modelos de enseñanza

Alternative ideas about scientific concepts - three decades of research. Results and perspectives

This work aims at actualising the research results about alternative conceptions and, particularly, about models of constructivist orientation in Science teaching. First of all, we emphasise the difference between conceptual error and alternative conception in order to show, after that, the main characteristics of these alternative ideas as well as the learning difficulties due to common sense reasoning forms. On the other hand, we briefly comment on some constructivist Science teaching models, particularly that of conceptual, methodological and axiological change.

Una línea de investigación fundamental en la didáctica de las ciencias

Muchos estudiantes cuando se les plantean determinadas cuestiones relacionadas con algún concepto científico básico (fuerza, naturaleza de la materia, energía, calor, fotosíntesis, etc.) dan, con frecuencia, respuestas equivocadas siempre en el mismo sentido, reveladoras de la existencia de una representación mental del concepto implicado que es muy diferente a la científicamente aceptada dentro del cuerpo de conocimientos teóricos que se está manejando.

Tanto la existencia de ese tipo de *errores conceptuales* como de las *ideas alternativas* que llevan a cometerlos, es algo que se conocía ya hace mucho tiempo (Bachelard, 1938). Sin embargo, no fue hasta la década de los años setenta, coincidiendo con la publicación de la tesis doctoral de Viennot (1979) acerca de las concepciones de estudiantes universitarios de física sobre la idea de fuerza, cuando se inició el estudio sistemático de las ideas alternativas en diversos campos de la ciencia, y ello no solo como investigación de laboratorio sino también, como investigación en el aula, a la que se incorporaron muchos profesores y profesoras de distintas materias científicas.

Los espectaculares resultados obtenidos hicieron que el estudio de las ideas alternativas diera 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.

Tres décadas más tarde de la de los años setenta, hemos de reconocer que esta línea de investigación, por sí sola, acumula más trabajos que los realizados en el resto de los demás dominios de la didáctica de las ciencias. Muestra de ello son las extensas y sucesivas recopilaciones bibliográficas realizadas por Pfundt y Duit entre 1985 y 1998. En estas se puede constatar un crecimiento exponencial de los trabajos publicados en este campo, con miles de referencias al respecto. Duit (2004) ha puesto al día esta bibliografía.

En España, basta analizar los contenidos de las revistas *Enseñanza de las Ciencias*, *Investigación en la Escuela* y *Alambique*, desde sus inicios hasta la actualidad, para comprobar

la gran atención prestada a este tema. Atención que se ha traducido no solo en la publicación de gran número de artículos y selecciones bibliográficas, sino también en el motivo de estudio de muchas tesis doctorales y en la publicación de libros de didáctica de las ciencias. La propia revista *Alambique* dedicó un número monográfico en 1996 a las ideas del alumnado en ciencias. Al lector interesado le bastará acudir a las fuentes citadas para encontrar una extensa bibliografía sobre las ideas alternativas que afectan a diversos conceptos científicos.

La enorme cantidad de trabajos descriptivos sobre ideas alternativas en la mayoría de los distintos campos científicos pronto hizo que algunos investigadores redamasen la necesidad de ir más allá y distinguir entre concepciones alternativas persistentes y las más fáciles de erradicar con el fin de descubrir las causas de esta persistencia y, lo que es más importante, para diseñar estrategias efectivas que produjeran los deseados cambios conceptuales. Así por ejemplo, Duschl (1994), entonces editor de la revista *Science Education*, señalaba que todavía se seguían enviando a la revista una gran cantidad de trabajos sobre descripciones de concepciones de los estudiantes, lo que constituía, desde su punto de vista, un enfoque poco útil en cuanto a la selección del problema a investigar. También apuntaba que era hora de avanzar y realizar análisis que nos ayudaran a comprender el origen de las concepciones o las estrategias implicadas en el uso de las mismas.

Por nuestra parte, coincidimos en la necesidad de ampliar y profundizar las investigaciones sobre concepciones alternativas relacionándolas especialmente con la búsqueda de estrategias adecuadas para facilitar el aprendizaje. También pensamos que ello no debe llevarnos a minusvalorar las aportaciones que han supuesto las investigaciones descriptivas que, entre otras cosas, han permitido elaborar distintas técnicas para la detección de ideas alternativas y darse cuenta de la extensión e importancia del problema.

Así pues, el principal objetivo de este trabajo consistirá en actualizar los resultados de investigación sobre las concepciones alternativas y, en particular, sobre los nuevos modelos de enseñanza/aprendizaje que pueden ayudar a la (re)construcción del conocimiento científico por los propios estudiantes.

Algunas precisiones sobre ideas alternativas

Como ya señalábamos en un trabajo anterior (Furió, 1996), existe una gran disparidad en los términos usados por los investigadores para designar las ideas alternativas y otros conceptos relacionados con ellas. Así, algunos autores utilizan indistintamente *error conceptual* e *idea alternativa*, para designar el mismo constructo. Sin embargo, en la actualidad esos dos términos tienen significados claramente distintos.

En didáctica de las ciencias, entendemos que un error conceptual es una respuesta equivocada que afecta a un concepto científico determinado y que responde a la existencia en la mente del sujeto que lo expresa, de una representación de dicho concepto que es diferente a la aceptada dentro del cuerpo teórico de conocimientos científicos en el que se está trabajando.

Algunos autores (Gilbert y Watts, 1983) han señalado la conveniencia de desterrar el término *error* afirmando que induce a una valoración negativa de las ideas del alumnado. Sin embargo, es conveniente indicar que, cuando se califica una respuesta como *errónea* en la enseñanza de las ciencias, lo que se está señalando es que ese resultado no es aceptable de acuerdo con la teoría científica en uso. Así pues, ello no implica hacer ningún juicio de valor sobre la hipótesis de la cual ha derivado el estudiante su respuesta. Por tanto, se recomienda que el término *error conceptual* se utilice para designar una respuesta equivocada y no la idea alternativa que subyace a la misma.

La confusión entre *error conceptual* e *idea alternativa* que acabamos de señalar es típica de los comienzos de esta línea de investigación didáctica, cuando ambos términos se utilizaban como sinónimos. Actualmente la gran diversidad terminológica que se utilizó en la década de los años ochenta para nombrar las ideas alternativas (*preconceptos, preconcepciones, ideas previas, ideas alternativas, ciencia de los niños, teorías implícitas*, etc.) parece haber remitido después de la propuesta realizada por Wandersee, Mintzes y Novak (1994) de que se les denominara, genéricamente, como concepciones alternativas independientemente de cómo fuesen adquiridas.

Otra consideración actual que ha sido asumida por la comunidad investigadora en este dominio es aquella que hace referencia a que las concepciones alternativas no han de ser vistas como un impedimento al aprendizaje sino como un punto de partida necesario con el que se ha de contar para llegar a construir los nuevos conocimientos científicos. Es decir, las concepciones de los estudiantes son, queramos o no el profesorado, sus hipótesis de partida que hay que tener en cuenta en la (re)construcción de los conocimientos científicos.

Características de las concepciones alternativas

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 como evidencias, siempre hipotéticas, una serie de proposiciones como las que se resumen a continuación en los siguientes apartados.

Las concepciones alternativas están ampliamente representadas en el aprendizaje de las diferentes áreas científicas

Las ideas alternativas sobre contenidos científicos se hallan en general ampliamente extendidas, y afectan a gran número de alumnos y alumnas (al menos al comienzo de sus estudios) que, ante determinadas preguntas, dan respuestas coherentes con aquellas ideas. Son bien conocidas por el profesorado las siguientes concepciones de los estudiantes que, a modo de ejemplo, enumeramos a continuación:

- La estrecha asociación entre la fuerza y el movimiento de los cuerpos en mecánica.
- La asociación entre la flotación de los cuerpos y su falta de peso.
- La poca materialidad de los gases, y de ahí que no se consideren como sustancias que intervienen en las reacciones químicas.
- La influencia del medio físico en los cambios del genotipo de los seres vivos.
- La transferencia de las propiedades macroscópicas de las sustancias a los átomos.
- La idea de que la luz se ve.
- La creencia de que las plantas verdes durante el día respiran consumiendo dióxido de carbono y expulsando oxígeno, mientras que durante la noche lo hacen al revés.

La gran abundancia de concepciones alternativas en los diversos campos, puede haber llevado a algunos a pensar que la estabilidad y persistencia de tales ideas es general y afectan por igual en el aprendizaje de los distintos conceptos científicos. Sin embargo, la investigación ha mostrado que la realidad es más compleja.

Las concepciones alternativas más estables están organizadas en esquemas conceptuales coherentes y son más resistentes a la enseñanza habitual

La mayoría de los investigadores en didáctica de las ciencias están de acuerdo en que aquellas concepciones alternativas más resistentes a los cambios son las que están bien trabadas mentalmente a otras ideas, de modo que conforman esquemas conceptuales coherentes. Así, por ejemplo, la creencia de que los cuerpos más pesados caen más deprisa no

solo es el resultado de numerosas observaciones y experiencias cotidianas sino también una consecuencia de la supuesta relación entre fuerza y velocidad (si pesa el doble se moverá el doble de rápido con lo que caerá en la mitad de tiempo) (Carrascosa y Gil, 1992).

También se encuentran muy relacionadas toda una serie de ideas sobre la estructura de la materia: la continuidad de la materia y la imposibilidad del vacío ya que se supone que todo está lleno de materia; los gases flotan, no pesan, no se ven ni se pueden tocar y, por ello, no se suele considerar su intervención en los procesos físicos (por ejemplo, no se considera la existencia de la presión atmosférica) ni en los químicos (por ejemplo, no se tiene en cuenta al oxígeno en la combustión del magnesio); la extensión de las propiedades macroscópicas de las sustancias (como por ejemplo, la dilatación térmica o los posibles cambios de estado que pueden experimentar) a los átomos, ya que son "sus partes más pequeñas", y un largo etcétera (Llorens, 1991).

Asimismo, sobre la evolución encontramos toda una serie de ideas interrelacionadas: el medio induce cambios en los seres vivos, especialmente al obligarles a hacer mayor o menor uso de algunos órganos, cambios adquiridos que se heredan y son permanentes en la especie; la evolución lineal, no ramificada, o "cadena del ser" (peces, anfibios, reptiles, mamíferos) o en la evolución del hombre (del chimpancé al *Homo sapiens* pasando por el *Australopithecus*, el *Homo erectus* y el de *Neandertal*), muy relacionada a su vez con concepciones finalistas de la evolución (la evolución como progreso, como mejora hasta llegar al ser humano, culminación de la misma, según los creacionistas) (Jiménez Aleixandre, 2004).

Estas asociaciones de ideas que caracterizan las concepciones alternativas persistentes han sido corroboradas por otros investigadores más preocupados por la psicología educativa, al reconocer que las representaciones de los sujetos, como las ideas previas y su transformación, deben ser analizadas desde la perspectiva de sistemas de conocimiento con estructuras o subestructuras complejas y no como entidades aisladas (Vosniadou, 1994).

Lo anterior no es de extrañar si tenemos en cuenta que a lo largo de nuestra vida y comenzando ya desde la más temprana infancia, la mayor parte de las personas estamos sometidas, a través de la interacción de nuestros sentidos con el medio que nos rodea, a una serie de experiencias físicas comunes independientemente del medio social y cultural en el que nos desarrollemos. Así, por ejemplo, se observa que: a menos que se esté empujando continuamente un objeto, este acaba por pararse; que una piedra cae mucho antes que una pluma; que el vapor de agua y algunos globos llenos de gas se elevan, etc. El carácter reiterativo de dichas experiencias conducen a interiorizar determinadas explicaciones como evidencias de sentido común que no precisan ser cuestionadas. Así suponemos que se elaboran, por ejemplo, ideas tales como la asociación fuerza-movimiento o la creencia de que los gases no pesan. Además, el hecho de que todas estas concepciones funcionen aparentemente bien y no lleven a resultados contradictorios en las experiencias físicas personales que habitualmente se tienen (cruzar una calle o hacer deporte), lleva a que se interioricen con un vigor que las convierte en verdaderas barreras epistemológicas, haciendo realmente difícil que se puedan apreciar las ventajas del punto de vista científico.

Algunas de las concepciones alternativas se parecen a ideas existentes en épocas pasadas de la historia de la ciencia

Algunas concepciones alternativas recuerdan a otras ideas que se dieron durante determinados periodos de la historia de la ciencia. Tales son los casos de, por ejemplo, el concepto aristotélico-escolástico de fuerza, la idea de que los cuerpos tienden espontáneamente a moverse hacia el lugar natural de los principales elementos que entran en su composición (los gases van hacia arriba porque están formados principalmente por los elementos aire y fuego, y por eso no pesan, las piedras caen hacia el centro del planeta y tanto

más aprisa cuanto más proporción tengan del elemento tierra), el concepto de heredabilidad de caracteres adquiridos defendido por Lamarck o la misma idea de la generación espontánea.

Presentamos más extensamente, a título de ejemplo, el paralelismo entre los problemas históricos habidos en la construcción de la idea de sustancia y las concepciones que tienen sobre ella los estudiantes de química de secundaria y bachillerato. Una investigación reciente (Furió y Domínguez, 2006) ha mostrado que hay elevados porcentajes (80%) de aquellos estudiantes que no diferencian entre sustancia y material (que, en general, suele ser una mezcla de sustancias) y que, también, confunden compuesto con una mezcla homogénea (como puede ser, por ejemplo, una disolución). Para la mayoría de los estudiantes los sistemas químicos se reducen a dos categorías: mezclas (o sustancias compuestas) y sustancias simples (o elementos). Es decir, para la mayoría de los estudiantes cualquier material o producto que se puede ver y tocar se identifica con la idea de sustancia química. En cambio, suelen utilizar la expresión *sustancia pura* para referirse a los elementos que forman un compuesto (concebido como mezcla). Ideas semejantes, las encontramos en las primeras cosmovisiones griegas según las cuales todo material estaba formado por un sustrato común (la *materia prima*) y una mezcla de cuatro elementos que representaban las cuatro combinaciones binarias de las propiedades opuestas húmedo/seco y caliente/frío. En esta ontología los objetos "reales" eran modelizados como mezclas de elementos abstractos y, por tanto, no tenía sentido introducir el concepto de sustancia. Hubo de esperar más de veinte siglos a que van Helmont y Boyle, entre otros, fueran introduciendo la definición operacional de *sustancia* como cuerpo puro, opuesto al de *mezcla*, que tenía unas propiedades específicas que permitían su separación y caracterización. Según los historiadores de la ciencia, es en esta época cuando, debido a necesidades sociales, como la elaboración de medicamentos y la fabricación de metales, los sistemas químicos se llegaron a diferenciar en: *mezclas*, *cuerpos perfectamente mezclados* (los que hoy llamamos *compuestos*) y *cuerpos perfectamente sin mezcla* (*sustancias simples*). En resumen, no es de extrañar que nuestros estudiantes sigan pensando, de manera similar al paradigma aristotélico pero más simple y realista, que todo está mezclado y formado por elementos. Mensaje que, por otra parte, se asemeja bastante a nuestro discurso docente.

Estas semejanzas entre las dificultades históricas en la introducción de conceptos y las de los actuales estudiantes son datos que algunos autores tienen muy en cuenta, dadas sus implicaciones en el diseño de estrategias de enseñanza adecuadas para afrontar el problema de las ideas alternativas.

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

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. Se ha constatado la importancia que tienen dificultades de aprendizaje en otras dimensiones como la epistemológica, centrada en las estrategias de razonamiento que utilizan los estudiantes, o la propiamente afectiva que impregna el clima de aula. En este apartado, pondremos el énfasis en las dificultades de tipo metodológico y epistemológico que van más allá de las ideas alternativas.

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.

En este dominio ya hace tiempo que la investigación ha puesto de relieve la existencia de ciertos *hábitos metodológicos de sentido común* que conviene poner en cuestión como la tendencia a contestar rápidamente, a dar respuestas precipitadas sin analizar el enunciado del problema, las distintas variables que intervienen o cómo pueden influir. Es frecuente observar la presencia de un operativismo extremo al intentar resolver los problemas, que induce automáticamente a buscar fórmulas en las que estén representados los datos y la incógnita, sin plantearse el campo de validez de la misma o sin pensar previamente en una estrategia, realizando cálculos inmediatamente con el fin de llegar a un resultado numérico lo antes posible (AA.VV., 1991). Así, por ejemplo, es conocido por muchos docentes el hecho de utilizar la expresión $v = e/t$ en situaciones muy diversas. Ello lleva también a no analizar los resultados numéricos y quedar impasible ante conclusiones tales como que una molécula de agua tiene una masa de 18 g o que una persona para combatir la acidez de estómago ha de ingerir diariamente 100 litros de una disolución de hidróxido de aluminio.

Otro razonamiento estratégico de "sentido común" que hemos denominado *fijación funcional* puede encontrarse fácilmente tanto en preguntas de tipo cuantitativo como cualitativo. Por ejemplo, cuando los estudiantes convierten la proporción ponderal con que reaccionan dos sustancias en un cociente de dos masas fijas o cuando responden mayoritariamente que no le pasa nada al estado de equilibrio de un sistema químico al añadirle gas inerte a presión y temperatura constantes (AA.VV., 2000).

Razonamientos análogos detectados en la investigación son la *reducción funcional* y el *razonamiento local y secuencial* (Viennot, 1996). La reducción funcional es un tipo de causalismo simple bastante frecuente en la vida cotidiana en el que la persona, al analizar una situación problemática, reduce injustificadamente el número de variables de las que depende una función a una única variable. Así por ejemplo, cuando se pregunta a estudiantes de bachillerato y universitarios qué le pasará a la temperatura de un gas encerrado en una jeringa al expandirse rápidamente contra la atmósfera, se suele responder correctamente que al disminuir la presión del gas encerrado, este se enfría. Sin embargo, cuando se analizan las argumentaciones se observa que la mayoría de los estudiantes razona haciendo depender exclusivamente la función temperatura del gas de su presión interna sin tener en cuenta el volumen ni la interacción con el exterior. Un ejemplo de explicación muy común es la siguiente: "cuanto menor es la presión del gas hay menor número de choques de sus partículas y, por tanto, su temperatura baja".

El *razonamiento local y secuencial* se ha detectado en el estudio de circuitos eléctricos y consiste en pensar que cualquier modificación en un punto de un circuito de corriente continua solo afectará a ese punto y a los posteriores (en el sentido de la corriente) ignorando su influencia en la globalidad del sistema. O sea, el estudiante trata de solucionar el problema utilizando un razonamiento secuencial local más simple en lugar de una estrategia más compleja de tipo holístico (Viennot, 1996; Pontes y de Pro, 2001).

Además hay que tener en cuenta que suelen presentarse frecuentemente en el aprendizaje otras dificultades conceptuales que no se han de considerar debidas a la existencia de concepciones alternativas como, por ejemplo, la fácil confusión de magnitudes con otras más sencillas de las que se han derivado a partir de definiciones relacionales o transposicionales (por ejemplo, identificar la presión y la fuerza, la densidad y la masa, o el calor específico y el calor). Y a todo ello habría que añadir aquellas otras dificultades de tipo socioafectivo en las que no entramos para no hacer demasiado extenso este trabajo.

Ahora bien, la existencia de concepciones alternativas y formas de razonamiento del alumnado como las que acabamos de señalar han puesto de manifiesto que aprender no era fácil y que la enseñanza de las ciencias requería un replanteamiento en profundidad que las tuviera en cuenta. No es de extrañar pues que, consecuentemente con ello, se propusieran

nuevas estrategias y modelos de enseñanza con el objetivo explícito de superar aquellas dificultades.

Modelos de orientación constructivista en la enseñanza de las ciencias

Como ya hemos comentado antes, una de las principales preocupaciones en la didáctica de las ciencias ha sido y es la profundización de los estudios sobre ideas alternativas de forma que se analicen sus implicaciones en modelos de enseñanza que faciliten el aprendizaje científico. Muchas investigaciones se han hecho ya eco de esta preocupación y han dado lugar a diferentes propuestas. En lo que sigue comentaremos cómo han ido evolucionando algunos de los principales modelos de orientación constructivista.

Durante una primera etapa los errores conceptuales cometidos por el alumnado fueron vistos como obstáculos a derribar o concepciones contra las que había que luchar. No obstante pronto se constató el fracaso de la enseñanza habitual para superar el problema. Los resultados obtenidos mostraron que algunas de estas concepciones no constituyen unas cuantas ideas dispersas sino que, en general, se hallan integradas en la mente formando verdaderos esquemas conceptuales, dotados de una cierta coherencia interna. Estos esquemas ya no son vistos como errores o como algo negativo, sino como estructuras cognitivas que interactúan con la información que llega desde el exterior y que juegan un papel esencial en el aprendizaje. Se habla así de estrategias diseñadas para cambiar los esquemas conceptuales.

Driver (1988) propuso un modelo para la enseñanza de las ciencias basado en el *cambio conceptual*. Se hallaba estructurado en torno a una secuencia de actividades específicamente elaboradas para conseguir dicho cambio. La secuencia constaba esencialmente de cuatro fases: la *orientación*, destinada a despertar la atención y el interés del alumnado por el tema; la *explicitación*, que consiste en la exposición por el alumnado de sus ideas; la *reestructuración*, donde han de modificarse las ideas del alumnado por medio de contraejemplos, analogías, experiencias y la *revisión del cambio de ideas*, donde se comparan las nuevas ideas con las iniciales.

Las estrategias de cambio conceptual propuestas por Driver fueron posteriormente usadas por otros investigadores para introducir en ellas algunos cambios y para hacer sus propias propuestas al respecto. No obstante, cuando se llevaron a la práctica, el cambio conceptual conseguido era poco duradero, como lo muestra el hecho de que poco tiempo después del "tratamiento" el alumnado volvía a cometer los mismos errores conceptuales que al principio. Esta dificultad para cambiar ciertas ideas alternativas de los estudiantes, incluso aun cuando se utilizan estrategias de enseñanza orientadas explícitamente al cambio conceptual, ha sido denunciada reiteradamente por distintos autores desde hace ya mucho tiempo y lo sigue siendo en la actualidad (Campanario y otros, 2001; Pérez y Solbes, 2003).

Además, estas estrategias presentan serios inconvenientes, y quizás uno de los más importantes sea el de que puede llegar a producir en los estudiantes que lo sufren actitudes de rechazo al verse forzados de forma sistemática a exponer cuáles son sus ideas de partida, para que luego resulte que estas (como se encarga de mostrar el profesor), son casi siempre equivocadas. Se trata, pues, de una estrategia cuando menos "perversa". ¿Qué sentido tiene hacer que el alumnado explicita y afiance sus ideas para seguidamente cuestionarlas? Por otra parte, este modelo de cambio es exclusivamente conceptual y adolece de la falta de otras dimensiones del aprendizaje importantes, además de la afectiva a la que se ha aludido. Nos referimos a las dimensiones metodológica y axiológica que hay que tener en cuenta en el aprendizaje de las ciencias.

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/aprendizaje de las ciencias. Se ha puesto de relieve la necesidad de 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 sino también otros tipos de cambios como los *metodológicos* y *epistemológicos* (superación de los razonamientos de sentido común, de la metodología superficial y, en definitiva, de las visiones deformadas sobre la ciencia) y *axiológicos* (teniendo en cuenta los intereses del alumnado, actitudes hacia la ciencia y su aprendizaje, etc.).

Desde este punto de vista más amplio se pueden cuestionar modelos de cambio conceptual que se centran sistemáticamente en escoger como contenidos del currículo un conjunto de conceptos en donde el alumnado tenga concepciones alternativas llamativas y dedicar las clases a su exposición, cuestionamiento posterior e introducción de los conceptos científicos actualmente aceptados, y manejo de estos últimos con el fin de que los estudiantes se familiaricen con ellos y puedan comprobar sus ventajas frente a los antiguos. Sin embargo, la construcción de conocimientos científicos nunca se plantea para cuestionar y cambiar las teorías vigentes, sino como resultado de las investigaciones realizadas para resolver problemas de interés. Cuando un alumno o alumna se plantea un problema que le interesa y trata de resolverlo científicamente, en general, ha de precisarlo, emitir unas hipótesis, elaborar unas estrategias de resolución, etc., y analizar cuidadosamente los resultados y sus posibles consecuencias. Es precisamente en este proceso, adecuadamente impulsado y orientado por el docente, cuando pueden aparecer de manera funcional (si es que existen) las posibles concepciones alternativas y la consiguiente necesidad de modificarlas haciendo posible la evolución de tales ideas hacia las ideas científicas que se quieren enseñar (Gil y otros, 1991).

Nuevas perspectivas

Los modelos constructivistas de cambio conceptual, metodológico y actitudinal han abierto nuevas perspectivas respecto a la línea de investigación sobre las concepciones alternativas de los estudiantes. Una de ellas está derivando hacia el estudio de los razonamientos y argumentaciones de los estudiantes y de cómo interaccionan con la información aportada por los propios compañeros y compañeras, por el docente o por los libros de texto en el aula. Se trata de mejorar las competencias de los estudiantes; no solo su conocimiento declarativo sino también los conocimientos estratégico (razonamiento) y explicativo (argumentación). En definitiva, se trata de enseñar al estudiante no solo a saber hacer ciencia sino también a saber comunicarla. Recordamos que uno de los últimos trabajos de Rosalind Driver (2000) va en el sentido de precisar las características de la argumentación científica con el fin de enseñar a "hablar de ciencia" y de mejorar los razonamientos de sentido común de los estudiantes.

Una estrategia posible para motivar hacia aquella reestructuración sin partir necesariamente de cuestiones sobre errores conceptuales, es utilizar otros recursos didácticos que, en principio, resulten de mayor interés para el alumnado, como diversos recortes de prensa, hojas de cómics, novelas o libros de texto, en donde se presentan graves errores conceptuales, y que ellos mismos los analicen. Estos análisis resultan atractivos para los estudiantes ya que la mayoría de las veces el error tiene que ver con imágenes y no podemos olvidar el importante papel que para ellos tiene la imagen. Por otra parte, identificar un error en la imagen de un texto supone un cambio de rol en el que los estudiantes pasan de ser evaluados a ser evaluadores, lo que hace que se esfuercen más en sus argumentaciones, a la vez que fomenta su autoestima y contribuye a desarrollar una actitud más positiva hacia la ciencia y su aprendizaje (Carrascosa, 2006).

Finalmente indicar que una perspectiva derivada de esta potente línea de investigación ha sido su extrapolación hacia el estudio del pensamiento del docente y la formación del profesorado de ciencias. Dado que los profesores y profesoras son los protagonistas fundamentales en el proceso de enseñanza/aprendizaje, se comprende la preocupación de la investigación por las concepciones del propio profesorado sobre la enseñanza, el aprendizaje y, como no, sobre la naturaleza de la ciencia y de la tecnología (AA.VV., 2005). En este último aspecto, cada vez más se está investigando cómo influyen las visiones deformadas de la ciencia y la tecnología que puede poseer el profesorado en la enseñanza de temas concretos de estas materias.

Bibliografía

AA.VV. (1991): La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria. Barcelona. HORSORICE. Universidad de Barcelona.

AA.VV. (2000): "Functional Fixedness and Functional Reduction as Common Sense Reasonings in Chemical Equilibrium and in Geometry and Polarity of Molecules" en *Science Education*, n. 84, pp. 545-565.

AA.VV. (2005): "Technology as 'Applied Science': a Serious Misconception that Reinforces Distorted and Impoverished Views of Science" en *Science & Education*, n. 14, pp. 309-320.

BACHELARD, G. (1938): La formation de l'esprit scientifique. París. Vrin.

CAMPANARIO, J.M.; MOYA, A.; OTERO, J.C. (2001): "Invocaciones y usos inadecuados de la ciencia en la publicidad" en *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 19, n. 1, pp. 45-56.

CARRASCOSA, J.; GIL, D (1992): "Concepciones alternativas en mecánica" en *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 10, n. 3, pp. 314-328.

CARRASCOSA, J. (2006): "El problema de las concepciones alternativas en la actualidad: Utilización didáctica de los errores conceptuales que aparecen en cómics, prensa, novelas y libros de texto" en *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 3, n. 1.

DRIVER R. (1988): "Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias" en *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 6, n. 2, pp. 109-120.

DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. (2000): "Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms" en *Science Education*, n. 84, pp. 287-312.

DUSCHL, R. (1994): "Editorial policy statement and introduction" en *Science Education*, vol. 78, n. 3, pp. 203-208.

FURIÓ, C. (1996): "Las concepciones alternativas del alumnado en ciencias: dos décadas de investigación. Resultados y tendencias" en *Alambique*, n. 7, pp. 7-17.

FURIÓ-MAS, C.; DOMÍNGUEZ-SALES, C. (2006): "Problemas históricos y dificultades de los estudiantes en la conceptualización de sustancia y compuesto químico" en *Enseñanza de las Ciencias* (en revisión).

GILBERT, J.K.; WATTS, D.M. (1983): "Concepts, Misconceptions and Alternatives Conceptions: changing perspectives in Science Education" en *Studies in Science Education*, n. 10, pp. 61-98.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. (2004): "El modelo de evolución de Darwin y Wallace en la enseñanza de la biología" en *Alambique*, n. 42, pp. 72-81.

LLORENS, J.A. (1991): Comenzando a aprender química. Madrid. Visor.

PONTES, A.; DE PRO, A. (2001): "Concepciones y razonamientos de expertos y aprendices sobre electrocinética: consecuencias para la enseñanza y la formación de profesores" en *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 19, n. 1, pp. 103-122.

PÉREZ, H.; SOLBES, J. (2003): "Algunos problemas en la enseñanza de la relatividad" en *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 21, n. 1, pp. 135-146.

VIENNOT, L. (1979): Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire. Paris. Hermann.

VIENNOT, L. (1996) : Raisonner en physique. Paris. De Boek & Larcier.

VOSNIADOU, S. (1994): "Capturing and modelling the process of conceptual change" en Learning and Instruction, vol. 4, n. 1, pp. 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. New York. Macmillan Publishing Company, pp. 177-210.

Dirección de contacto

Carles.Furió@uv.es

Jordi.Solbes@uv.es

Jaime.Carrascosa@uv.es