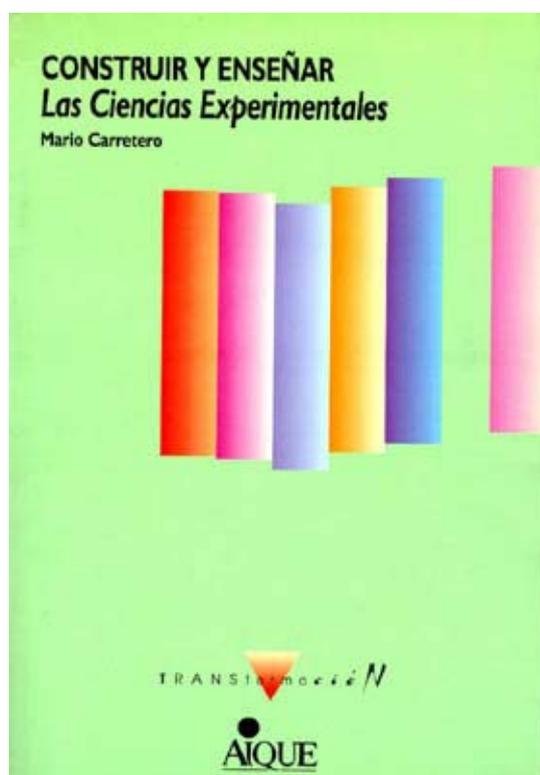


# Construir y enseñar las Ciencias Experimentales

**Mario Carretero**

Con la colaboración de  
Maite Baillo  
Margarita Limón  
Asunción López Manjón  
María Rodríguez Moneo



© Copyright Aique Grupo Editor S.A.

LIBRO DE EDICIÓN ARGENTINA

I.S.B.N. 950-701-339-3

Segunda edición, 1997

**Este material se utiliza con fines  
exclusivamente didácticos**

---

## **INDICE**

Introducción. ¿Construir o enseñar la ciencia? .....	9
<i>Mario Carretero</i>	
<b>PRIMERA PARTE: LA MENTE DEL ALUMNO</b>	
1. Las ideas previas de los alumnos. ¿Qué aporta este enfoque a la enseñanza de las ciencias?.....	19
<i>Margarita Limón y Mario Carretero</i>	
2. Adquisición de conocimiento y cambio conceptual. Implicaciones para la enseñanza de la ciencia	47
<i>María Rodríguez Moneo y Mario Carretero</i>	
<b>SEGUNDA PARTE: LA CONSTRUCCIÓN DE NOCIONES FISICAS Y LA UTILIZACIÓN DEL MÉTODO CIENTÍFICO</b>	
3. Desarrollo del razonamiento y cambio conceptual en la comprensión de la flotación. ....	77
<i>Maite Baillo y Mario Carretero</i>	
4. A la búsqueda de la génesis del método científico: un estudio sobre la capacidad de eliminar hipótesis.....	107
<i>Mario Carretero</i>	
5. Modificación de hipótesis y contradicción en la explicación de un fenómeno físico "no familiar".	129
<i>Mario Carretero</i>	
<b>TERCERA PARTE: LA CONSTRUCCIÓN DE NOCIONES BIOLÓGICAS</b>	
6. La explicación teleológica en la enseñanza y aprendizaje de la biología. ....	153
<i>Asunción López Manjón</i>	
7. Teorías intuitivas sobre la gripe, el catarro y el sida y educación para la salud. ....	173
<i>Asunción López Manjón y Mario Carretero</i>	
<b>APÉNDICE</b>	
8. La adquisición de habilidades intelectuales y la comprensión de contenidos específicos.....	209
<i>James F. Voss, Jennifer Wiley y Mario Carretero</i>	

## CAPÍTULO 1. LAS IDEAS PREVIAS DE LOS ALUMNOS. ¿QUÉ APORTA ESTE ENFOQUE A LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS?\*

Por MARGARITA LIMÓN / MARIO CARRETERO

### Características de las ideas previas

En esta tira de Quino, Libertad demuestra tener algunas "ideas previas" acerca del fenómeno científico al que hace referencia la maestra. Para ella el sol sale por la mañana y desde el living de su casa. La maestra en cambio, trata de que aprenda que el sol sale por el este y se pone por el oeste y que éstos son dos de los cuatro puntos cardinales. Que cuando le pregunten por dónde sale el sol, conteste que "por el este" es un aprendizaje bastante fácil de conseguir, si el alumno simplemente memoriza la respuesta. Ahora bien, si lo que se pretende es que comprenda por qué el sol sale por el este, las cosas se complican y el maestro probablemente tendrá que enfrentarse a ideas como las que expresa Libertad.

FIGURA 1

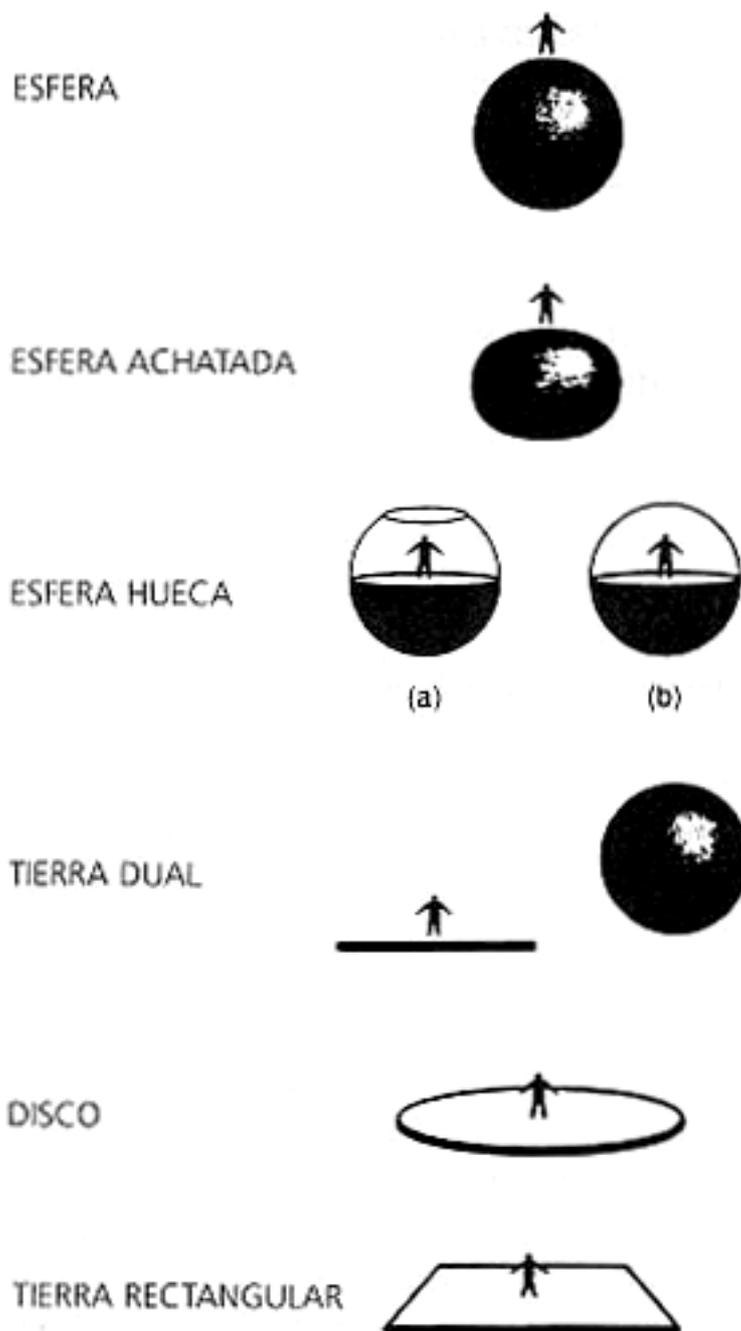


Desde un punto de vista científico y, sobre todo, desde el punto de vista del conocimiento escolar, esto es, de lo que se pretende que el estudiante aprenda en la escuela, la respuesta de Libertad es incorrecta: el sol no sale por el living de su casa. Sin embargo, ella no miente. Simplemente está basando su respuesta en su experiencia cotidiana y su capacidad de observación. Claramente desde su perspectiva está facilitando una respuesta correcta. A este tipo de ideas o concepciones es a las que hace referencia la terminología que frecuentemente se encuentra en los trabajos recientes sobre el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias naturales: "ideas de los alumnos", "concepciones erróneas", "concepciones alternativas", etc. El término que habitualmente ha designado este tipo de ideas/concepciones en el idioma inglés es "*misconception*" que podría traducirse como "concepción errónea". Sin embargo, son numerosos los autores —entre los que nos incluimos— que preferimos no denominarlas así, puesto que como hemos visto en el ejemplo de Libertad, estas ideas son incorrectas desde el punto de vista científico, pero en realidad no lo son desde el punto de vista del alumno, ya que indican la representación que el estudiante tiene del fenómeno en cuestión.

En este sentido, el trabajo de Vosniadou y Brewer (1992) acerca de los modelos mentales de los alumnos sobre la forma de la Tierra y otros aspectos cosmológicos, refleja muy bien cómo los alumnos pueden mantener representaciones incorrectas desde el punto de vista científico, a partir de las cuales elaboran toda una serie de predicciones coherentes con el modelo que poseen. Así, por ejemplo, algunos de los estudiantes de los grados 3° y 5° (9 y 11 años) participantes en su estudio mantienen un modelo según el cual la Tierra es una esfera hueca. Cuando se les pide que dibujen la forma de la Tierra, dibujan un círculo (respuesta aparentemente correcta) y explican que la Tierra tiene forma esférica u oval. Sin embargo, si se les pregunta dónde vive la gente, afirman que lo hacen dentro de la esfera hueca, como indica la figura 2, y si se les pregunta si la Tierra tiene un borde o un límite, responden que sí, pero que nunca podríamos alcanzarlo porque vivimos dentro de la esfera.

\* Agradecemos a la DGICYT la concesión de la ayuda PB91-0028-CO3-03 al proyecto dirigido por el segundo autor.

FIGURA 2. Modelos mentales de la Tierra (Vosniadou y Brewer, 1992)

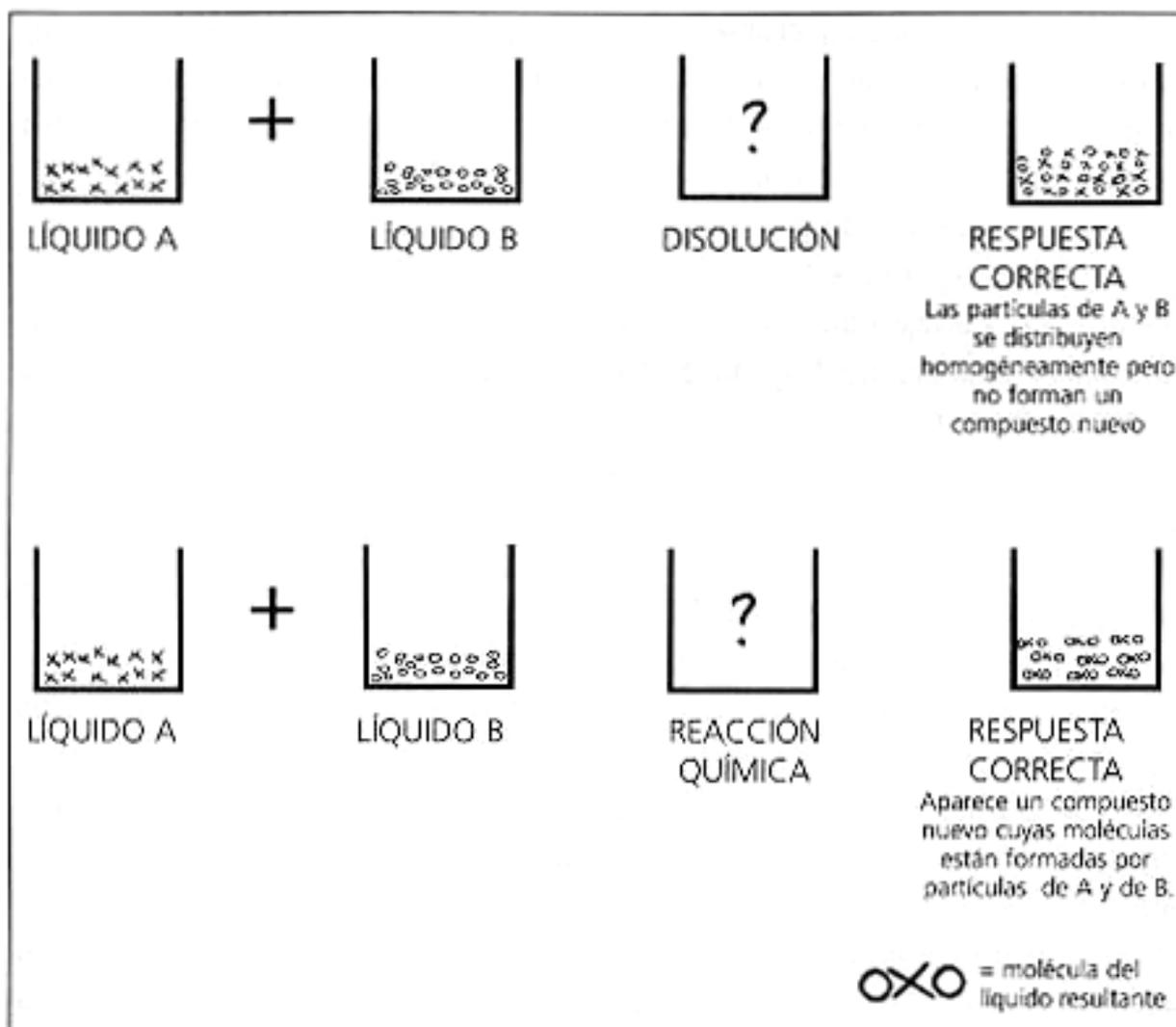


Por tanto, aunque es cierto que estas ideas se contraponen o discrepan de la explicación científica, muchas de ellas no son "ilógicas" y, en ocasiones, están basadas en representaciones alternativas que cumplen una función útil en el procesamiento cotidiano de la información (Carretero, 1996).

Sin embargo, estas ideas no son siempre tan coherentes y estables como parece indicar el ejemplo extraído del trabajo de Vosniadou y Brewer. Imaginemos que presentamos a un grupo de estudiantes dos recipientes con dos líquidos incoloros. Los mezclamos, obteniendo como resultado otro líquido incoloro. Si preguntáramos a los estudiantes si se ha producido una reacción química, un porcentaje elevado nos contestaría negativamente. Por el contrario, si el resultado de unir los dos líquidos incoloros fuera otro coloreado, probablemente una buena parte de los estudiantes pensará ahora que sí se ha producido un cambio químico. Sin embargo, en los dos casos puede estar produciéndose una reacción química. El hecho

de que no se perciba transformación alguna, en el primer caso, es el responsable de que buena parte de los estudiantes consideren que no hay cambio. Por el contrario, cuando sí hay un cambio perceptible a un nivel macroscópico —como sucede en el segundo caso— sí responden correctamente. Si el profesor formulara su pregunta sólo con un ejemplo de cambio químico en el que los efectos son perceptibles, obtendría un porcentaje bastante más elevado de respuestas correctas que si utilizara un ejemplo en el que no hay cambios perceptivos a nivel macroscópico. ¿Debe pensar entonces que sus alumnos comprenden perfectamente el concepto de cambio químico? Supongamos que en el primer caso se esté dando un proceso de disolución, y en el segundo tenga lugar una reacción química. Supongamos que los alumnos identifican correctamente el proceso que tiene lugar en ambos casos. ¿Qué pasaría si les pedimos que hagan un dibujo esquemático de las partículas del producto resultante (véase figura 3) tras verter los líquidos en un tercer recipiente? Aquí probablemente detectaríamos un porcentaje de error mucho mayor que antes. Los trabajos realizados (entre otros, Driver, 1985; Gabel, Samuel y Hunn, 1987; Pozo y otros, 1991) demuestran cómo muchos estudiantes tienen serias dificultades para diferenciar el cambio físico del cambio químico, sobre todo cuando se evalúan aspectos que corresponden al nivel microscópico o relacionados con la conservación de la cantidad de sustancia.

FIGURA 3



Es decir, estas ideas de los alumnos pueden depender en buena medida de las características de la tarea utilizada y de las preguntas planteadas. Pueden no responder a un modelo o representación no muy coherente y estable, sino más bien a una representación puntual y difusa que se crea sobre la marcha y en función del problema que el alumno tiene que resolver.

Como puede apreciarse en los ejemplos anteriores, muchas de estas ideas están basadas en la experiencia cotidiana del alumno. En general, existirían ciertos aspectos comunes de estas ideas previas de los alumnos sobre los fenómenos científicos:

1. Son específicas de dominio, y con frecuencia, dependen de la tarea utilizada para identificarlas.
2. La mayoría de estas ideas no son fáciles de identificar porque forman parte del conocimiento implícito del sujeto.

3. Son construcciones personales. A pesar de que se ha encontrado cierto grado de similitud entre las representaciones de sujetos procedentes de distintos medios culturales es necesario interpretarlas dentro del contexto individual, como señala Driver (1989).

4. Muchas de ellas están guiadas por la percepción y por la experiencia del alumno en su vida cotidiana. Así, en el ejemplo anterior, se identifica el cambio químico cuando hay un cambio perceptivo, pero no es el caso cuando no hay ningún cambio perceptible. Por ejemplo, los alumnos consideran que los gases no pesan porque su percepción y su experiencia cotidiana con ellos les conduce a pensar tal cosa (juegos con globos, el humo del tabaco, el aire que respiramos, etc.).

Parece lógico que estas ideas se dejen guiar por lo perceptivo y por el conocimiento cotidiano. Cuando recibimos información nueva sobre un fenómeno específico, como les sucede a muchos estudiantes cuando han de enfrentarse a muchas nociones científicas, elaboramos representaciones simplificadas y normalmente basadas en la comparación con aquellas situaciones o nociones de la vida cotidiana o de otros contextos, que encontramos semejantes y que nos permiten establecer alguna relación entre lo nuevo y algo que ya conocemos. De ahí que la utilización de analogías en la enseñanza de las Ciencias Naturales haya sido una de las técnicas estudiadas para la introducción de conceptos científicos o la modificación de estas ideas previas (por ejemplo, Clement, Brown y Zietsman, 1989; Spiro y otros, 1989; Vosniadou y Ortony, 1989; Duit, 1991).

5. Estas ideas previas de los estudiantes no tienen todas el mismo nivel de especificidad/generalidad, y por tanto, las dificultades de comprensión que ocasionan a los estudiantes no son igual de importantes. Por ejemplo, mantener una concepción de la materia continua en lugar de discontinua es una concepción que afecta a un gran número de conceptos químicos básicos: concepto de elemento químico, compuesto, sustancia pura, disolución, mezcla, reacción química, etc. Por ello, mantener una representación incorrecta de esta noción impide la comprensión de la mayor parte de los contenidos escolares sobre química. Sin embargo, la aparición de ideas alternativas sobre la combustión, a pesar de ser éste un concepto importante, no "obstaculiza" tanto la comprensión del alumno. Parece, pues, que al menos parte de la investigación sobre las ideas de los estudiantes debería dirigirse a identificar esos conceptos centrales y básicos dentro de un dominio, que dificultan la adquisición de nociones más específicas y, por tanto, secundarias de ese dominio.<sup>1</sup> Este tipo de investigación podría ser muy útil para tratar de definir una secuenciación de contenidos adaptada a la "comprensión" que el alumno trae al aula.

6. Con frecuencia, estas ideas son muy resistentes y, consecuentemente, difíciles de modificar (White y Gunstone, 1989; Pozo y Carretero, 1992; Fetherstonhaugh y Treagust, 1992; Duit, 1994). Se han ofrecido diversas explicaciones al respecto. Por un lado, aquellas concepciones que están estrechamente ligadas a situaciones de la vida cotidiana en donde dichas ideas son perfectamente adecuadas, son más difíciles de modificar; cuando existe una representación con el nivel de coherencia que implica tener modelos mentales como los obtenidos por Vosniadou y Brewer sobre la Tierra, aquellas ideas que son centrales dentro del modelo explicativo del alumno son también más difíciles de cambiar. A este tipo de ideas se refieren Chinn y Brewer (1993) como "creencias atrincheradas". Otra posible explicación indicada por diversos autores y reflejada por Duit (Strike y Posner, 1985; Chinn y Brewer, 1993; Schumacher y otros, 1993) es la falta de conocimiento previo. Si uno no dispone de un cierto nivel de conocimiento, difícilmente puede entender los argumentos presentados para conducir al cambio. Asimismo, los factores motivacionales también han sido sugeridos: si el alumno no tiene interés en el contenido que está aprendiendo, resultará casi imposible que modifique ninguna de sus ideas al respecto.

7. Tienen un grado de coherencia y solidez variable: pueden constituir representaciones difusas y más o menos aisladas o bien pueden formar parte de un modelo mental explicativo con cierta capacidad de predicción.

Estas dos posibilidades, en principio contradictorias, han sido defendidas por diversos autores. Para DiSessa (1988) "la física intuitiva" consistiría en un conjunto amplio de ideas fragmentarias y aisladas, más que en un número reducido de pequeñas estructuras integradas a las que podría denominarse "teorías".

---

<sup>1</sup> Un ejemplo de este tipo de investigación en el dominio químico puede encontrarse en Pozo y otros (1991).

Muchos de estas ideas fragmentarias —denominadas "p-prim" (abreviatura de "primitivos fenomenológicos")— serían simples abstracciones de experiencias comunes, primitivas, en el sentido de que generalmente no necesitan explicación y simplemente ocurren. En palabras de este autor:

"Por ejemplo, para mover una roca pesada, ¿por qué es más eficaz tratar de hacer mucha fuerza en vez de poca? No hay ninguna explicación, ni realmente se necesita. uno tiene mucha experiencia en cosas que funcionan de este modo. Por tanto el fenómeno se codifica simplemente como un hecho esperado. No hay necesidad de pensar más que cuando las cosas no funcionan del modo esperado". (DiSessa, 1988, p. 53)

Un ejemplo de "p-prim" sería la fuerza como agente que produce movimiento. Es una simple abstracción de un tirón. Un tirón implica un *impetus*, un modelo de esfuerzo rápido, una descarga y un resultado en la dirección del *impetus*. El resultado puede producirse a distancia o bien localmente (velocidad).

Por su parte, Vosniadou y Brewer (1992) consideran que el conocimiento conceptual de los niños no es fragmentario y desconectado como proponen DiSessa o Solomon (1983a), sino que los niños son capaces de integrar la información que reciben mediante su experiencia o procedente de los adultos en modelos mentales coherentes que utilizan de manera consistente.

En nuestra opinión estas dos posibilidades no tendrían por qué ser incompatibles. Es posible que respecto a algunos conceptos, probablemente los más alejados de su conocimiento y de su experiencia, los alumnos tengan representaciones difusas y poco coherentes, mientras que respecto a otros, sobre los que tienen más conocimiento, no sólo a partir de su experiencia, sino a través de la escuela, puedan ser capaces de elaborar representaciones más complejas, integradas y coherentes. Aparentemente, las ideas que forman parte de estas representaciones más complejas e integradas serían más difíciles de modificar que aquellas que forman parte de una representación difusa. Es posible que las características específicas de los contenidos y su nivel de generalidad/especificidad al que aludíamos antes, influyan en que el estudiante construya uno u otro tipo de representación. Si investigamos la representación que el estudiante tiene sobre la estructura de la materia, una noción central y básica dentro de su dominio, de la que ya posee un cierto conocimiento, aunque incompleto o erróneo obtenido en la escuela, y que además posee un cierto grado de generalidad, parece más factible que pueda haber elaborado una representación más compleja que de un concepto muy específico y con un carácter más secundario, como por ejemplo, el concepto de mol.

En la tabla 1 resumimos estas características de las ideas de los alumnos (véase también el capítulo de Voss, Wiley y Carretero, en este volumen).

TABLA 1 Algunas características de las ideas previas de los alumnos sobre los fenómenos científicos.	
* No son correctas desde el punto de vista científico.	
* Son específicas de dominio.	
* Suelen ser dependientes de la tarea utilizada para identificarlas/evaluarlas.	
* En general, forman parte del conocimiento implícito del sujeto.	
* Son construcciones personales.	
* Suelen estar guiadas por la percepción, la experiencia y el conocimiento cotidiano del alumno.	
* No todas poseen el mismo nivel de especificidad.	
* Tienen un cierto grado de estabilidad.	
* Tienen un grado de coherencia y solidez variable: pueden constituir representaciones difusas y más o menos aisladas o pueden formar parte de un modelo mental explicativo.	

## El enfoque de las concepciones alternativas y la enseñanza de las Ciencias Experimentales

Como señala Driver (1989), es a partir de los años setenta cuando la investigación sobre la enseñanza de la ciencia empieza a demostrar un interés creciente en los modelos conceptuales de los alumnos y no sólo en sus procesos de razonamiento sobre contenidos científicos concretos. Sin embargo, es a lo largo de los años ochenta cuando comienzan a proliferar en las revistas y monografías especializadas

trabajos sobre las ideas de los alumnos respecto de numerosos conceptos científicos, fundamentalmente, físicos tales como el de fuerza, gravedad, velocidad, aceleración, electricidad, calor y temperatura, y muchos otros. En la actualidad, y aunque en menor grado que los conceptos físicos, se han estudiado también conceptos pertenecientes al campo de la química y la biología. Los niveles educativos en los que se han analizado estas representaciones, corresponden, en general, a la enseñanza primaria y a la secundaria, aunque también son numerosos los trabajos con estudiantes universitarios.

Son varias las razones, en nuestra opinión, por las que este enfoque llega a consolidarse. Por un lado, hasta los años setenta, la de Piaget era la teoría psicológica con más impacto y repercusiones para la enseñanza de la ciencia. Alcanzar el estadio de las operaciones formales supone la posibilidad de utilizar el razonamiento hipotético-deductivo, el esquema de control de variables y el manejo de proposiciones, así como el dominio de una serie de operaciones lógicas (Carretero, 1985a), a menudo necesarias para resolver problemas con contenido científico. Sin embargo, a partir de los años setenta la teoría de Piaget comienza a recibir importantes críticas. En primer lugar, la ausencia de generalización del pensamiento formal, incluso en los adultos; en segundo lugar, la importancia de la familiaridad del sujeto con el contenido de la tarea o del problema: la experiencia previa con una tarea puede facilitar o dificultar su resolución; y en un plano didáctico, fundamentalmente, el papel pasivo atribuido por la teoría piagetiana a la instrucción, puesto que se supone que es el propio desarrollo cognitivo el que permite al alumno poder resolver o no las tareas propuestas por el profesor. Por tanto, éste queda convertido en un mero facilitador de tareas o actividades, principalmente de carácter manipulativo, que creen conflicto cognitivo al alumno y lo conduzcan a descubrir y adquirir determinados conocimientos (Carretero, 1985b).

Las investigaciones sobre los procesos de razonamiento humano llevadas a cabo en los setenta y principio de los ochenta, revelan la importancia del contenido específico sobre el que el individuo razona (Carretero y García Madruga, 1984). La eficacia de habilidades de razonamiento del individuo parece depender del contenido específico de la tarea y del conocimiento previo que tenga sobre ella. Un ejemplo de ello puede encontrarse en el trabajo de Baillo y Carretero (en este volumen) sobre la capacidad de comprobación de hipótesis. Uno de los resultados de estos trabajos ha sido el creciente interés, aún vigente, por el estudio de la adquisición del conocimiento en dominios específicos.

En estrecha conexión con este interés, también a principios de los ochenta comienza a desarrollarse la investigación sobre el conocimiento "experto" y el conocimiento "novato". Es decir, el foco de interés se centra en la comparación entre los individuos expertos en un dominio de conocimiento y los que están comenzando a adquirir pericia en ese dominio. Son claras las implicaciones que estos trabajos tienen para la instrucción. Aunque es obvio que el objetivo de la escuela no es formar expertos en una materia, sin embargo, ¿qué habilidades deben ser desarrolladas o potenciadas en los distintos puntos del *continuum* profano-experto?, ¿qué secuenciación es la más adecuada para desarrollar esas habilidades?, ¿cuáles son las diferencias en la comprensión de determinados conceptos entre los sujetos expertos y los profanos?, ¿qué evolución sigue esa comprensión?

Por último, el auge de la perspectiva constructivista del aprendizaje en el que se enmarcan las investigaciones realizadas dentro de este enfoque es, sin duda, otro de los factores que ha contribuido a su consolidación y a que en la actualidad continúe la proliferación de estudios sobre las ideas de los alumnos.

Puesto que, como decimos, este enfoque de la enseñanza de las ciencias cobra sentido dentro de una perspectiva constructivista del aprendizaje, muchas de sus implicaciones concretas para la instrucción no se circunscriben sólo al ámbito de las Ciencias Naturales sino que tienen un carácter más general. Así, si interesa conocer e identificar las ideas de los alumnos es porque el objetivo general subyacente de la instrucción es lograr que el alumno comprenda los contenidos científicos que tiene que aprender y no sólo los memorice o aprenda a resolver ejercicios aplicando fórmulas cuyo significado le resulta ajeno y extraño. También este enfoque pretende desarrollar estrategias de enseñanza y una metodología adecuadas para que el profesor pueda identificar las ideas de los alumnos y así poder favorecer su proceso de construcción del conocimiento. Estas estrategias destacan el papel activo del alumno y del profesor en el proceso de aprendizaje-enseñanza. Los aspectos procedimentales y actitudinales pueden ser trabajados a la vez que se le presentan al alumno tareas o problemas en los que explice sus ideas y/o lo enfrenten a situaciones conflictivas y a la vez motivantes.

El profesor debería elaborar sus propios instrumentos o técnicas para identificar y evaluar las ideas de sus alumnos. Si bien, como expondremos más adelante, la metodología utilizada tiene notables

limitaciones (Wandersee y otros; 1993; Duit, 1994), entre las técnicas empleadas con más frecuencia cabe destacar:<sup>2</sup>

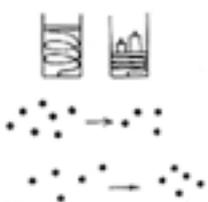
a) La elaboración de cuestionarios cerrados de elección múltiple sobre aspectos específicos, potencialmente conflictivos, en los que se suelen combinar lo gráfico y lo verbal.

En la figura 4 se recoge un ejemplo del tipo de ítems que suelen formar parte de este tipo de cuestionarios.

FIGURA 4. **Ítem utilizado en cuestionarios sobre ideas previas** (tomado de Llorens, 1991)

¿Cuál de los siguientes dibujos representa mejor lo que ocurre al gas en este fenómeno?

A. Los gases se comportan como un muelle, que al apretarlo se comprime.  
B. Disminuye el número de partículas del gas.  
C. Disminuye la distancia que hay entre las partículas que forman el gas.  
D. Ninguno de los anteriores.  
E. No lo sé.



b) Diseño de pequeños problemas abiertos vinculados a la experiencia cotidiana del alumno, en los que han de explicar por qué sucede un determinado fenómeno. En la figura 5 se presenta un ejemplo.

FIGURA 5. **Problema utilizado para estudiar las ideas previas** (Tomado de Driver y otros, 1985).

Después de muchos experimentos, los científicos piensan ahora que:

- todas las cosas están formadas por partículas muy pequeñas
- estas partículas se mueven en todas direcciones
- se mueven más rápido cuanto más elevada es la temperatura
- ejercen fuerzas unas contra otras
- son demasiado pequeñas para verse en el microscopio.

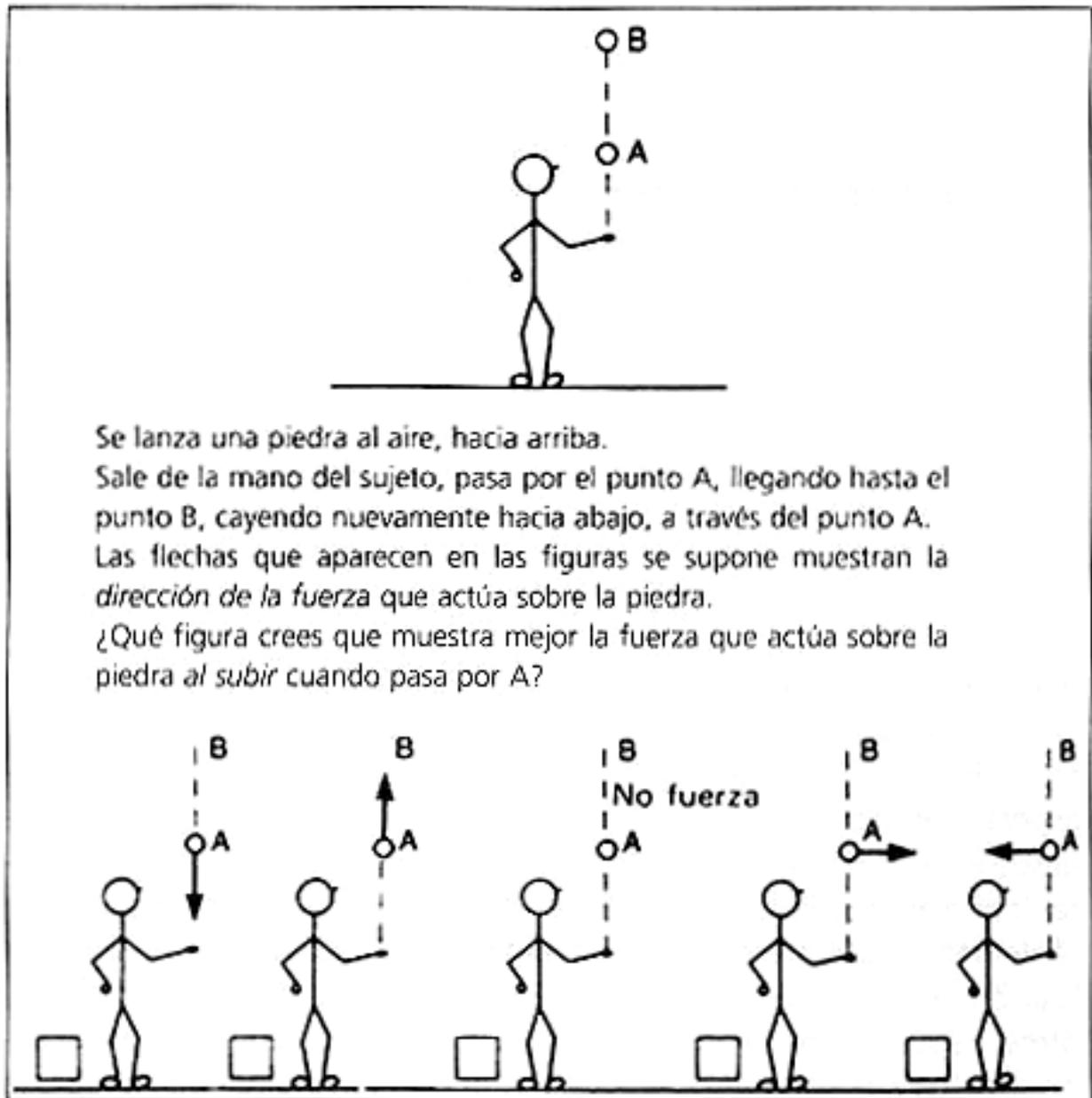
Utiliza una de estas ideas para responder a la siguiente pregunta: ¿Por qué Aumenta la presión de los neumáticos de un coche durante un viaje?



c) Elaboración de problemas sobre aspectos concretos de los contenidos que se van a enseñar, potencialmente problemáticos para la comprensión del alumno. En la figura 6 recogemos un ejemplo sobre mecánica.

<sup>2</sup> Pfundt y Duit (1994) presentan la recopilación más completa de referencias bibliográficas (más de quinientas correspondientes a los años 1979-1994) que versan sobre las ideas de los alumnos. Una de las secciones de la obra se dedica específicamente a los métodos utilizados para investigar las ideas de los alumnos. Véase también el apéndice de Pozo y otros (1991).

FIGURA 6. Problema utilizado para estudiar las ideas previas (tomado de Driver y otros, 1985)



d) Elaboración de mapas conceptuales.

e) Realización de pequeñas entrevistas individuales, a grupos pequeños de alumnos o colectivas, en las que el profesor/investigador dirige la atención de los estudiantes hacia aquellos aspectos en los que previsiblemente se pueden detectar ideas alternativas al punto de vista científico.

f) Observación directa de un fenómeno en el laboratorio y responder a preguntas formuladas por el profesor/investigador sobre aspectos concretos.

Si bien normalmente estas técnicas suelen emplearse individualmente (salvo la "e" y la "f"), el profesor puede diseñar actividades en las que pueden combinarse y/o utilizarse para ser trabajadas también en pequeños grupos o con la totalidad de la clase. Por ejemplo, pueden contestar individualmente un cuestionario de elección múltiple, trabajar en pequeños grupos un par de problemas relacionados con el fenómeno estudiado y su experiencia cotidiana y discutir las respuestas en voz alta con el resto de los miembros de la clase bajo la dirección del profesor.

Además de la identificación de estas ideas de los alumnos, quizá la implicación fundamental de este enfoque para la enseñanza de las ciencias es la necesidad de que la instrucción modifique estas ideas previas del estudiante. Esto es, promueva y logre el denominado cambio conceptual (véase al respecto el capítulo de

Rodríguez Moneo y Carretero, y el de Baillo y Carretero, también en este volumen). Cómo promover el cambio conceptual en el aula es un problema complejo que está aún lejos de poder ser resuelto. Entre otras, se han puesto en práctica diversas estrategias: realización de estudios microgenéticos (Nussbaum, 1985) que tratan de modificar alguna idea específica de los alumnos mediante un programa intensivo de intervención; utilización de analogías (Clement, Brown y Zietsman, 1989; Duit, 1991); discusiones en grupos sobre aspectos en los que las ideas de los alumnos discrepan de las correctas desde el punto de vista científico dentro de un marco teórico sociocultural (por ejemplo, Pea, 1993); situaciones conflictivas que promuevan en el alumno el conflicto cognitivo (por ejemplo, Dreyfus y otros, 1990); realización de mapas conceptuales como medio de que expliciten (Dykstra y otros, 1992) y tomen conciencia de las diferencias entre sus representaciones y las que el profesor presenta, esto es, tratando de que adquieran ciertas estrategias metacognitivas (White y Gunstone, 1989); elaboración de secuencias de actividades de simulación sobre conceptos específicos utilizando programas informáticos de tal modo que los alumnos vayan construyendo modelos causales cada vez más complejos hasta alcanzar el nivel de comprensión deseado (White, 1993).

Sin embargo, y a pesar de que algunos de estos trabajos indican un cierto éxito en la modificación de algunas de estas ideas, parece que pasado un cierto tiempo muchas de ellas reaparecen (White y Gunstone, 1989). Esta resistencia al cambio, y en general a ser modificadas, es quizás uno de los resultados más claros de la investigación realizada.

### **Algunas reflexiones críticas sobre el enfoque de las concepciones alternativas de los alumnos**

A pesar de que este enfoque está realizando una importante contribución al aumentar nuestro saber sobre la adquisición de conocimiento en dominios específicos y la comprensión de conceptos científicos en diferentes niveles educativos, hay algunos aspectos críticos que deben ser tenidos en cuenta.

Por un lado, como ya hemos señalado, algunos autores consideran que estas concepciones son representaciones más o menos complejas, coherentes e integradas que forman parte de modelos mentales o de teorías que, a pesar de ser incorrectas desde el punto de vista científico, tienen un cierto poder explicativo y predictivo. Esta posición, aunque con matices diferentes entre los diversos autores, sería mantenida, entre otros, por los ya citados Vosniadou y Brewer (1992); Brewer y Samarapungavan (1991); Samarapungavan (1992); Carey (1991); Vosniadou (1994). Sin embargo, para DiSessa (1988, 1993) estas ideas de los alumnos constituirían un conocimiento fragmentario carente de coherencia y consistencia, y desde luego, lejano de la sistematicidad que posee una teoría.

Estas diferencias de planteamiento teórico tan notables tienen importantes consecuencias: ¿qué tipo de representaciones son las que tiene que detectar el profesor?, ¿qué técnicas son las más adecuadas para identificar las ideas de los alumnos? Respecto al cambio o la modificación de estas ideas: ¿qué es lo que hay que cambiar: un concepto concreto, una teoría o simplemente una representación poco arraigada en el individuo? Suponiendo que como sugeríamos más arriba, ambas posiciones no sean contradictorias sino que se pueda admitir la existencia de ambos tipos de representaciones, ¿presentarían ambos tipos la misma resistencia al cambio?, ¿de qué dependería que se desarrollara uno u otro tipo de representación?

En segundo lugar, otro aspecto problemático sería que, si bien se considera que estas concepciones son construcciones personales, por otro lado se sabe que existen ciertas similitudes entre los resultados de estudios transculturales (Driver, 1989). Sin embargo, aunque esas similitudes nos facilitan su identificación, tampoco debería olvidarse que son construcciones personales y, por tanto, forman parte de la red conceptual de un individuo concreto. El papel de esa concepción en la representación de un fenómeno que tiene un determinado estudiante puede no ser el mismo que en uno de sus compañeros. Utilizando la terminología de Chinn y Brewer (1993) digamos que unas concepciones podrían estar más "atrincheradas" en unos sujetos que en otros y, por tanto, ser más o menos difíciles de modificar. Detectar esto, sin duda, supone una dificultad adicional para el profesor a la hora de poner en práctica este enfoque, es decir, mayor coste en cuanto a tiempo y mayor nivel de individualización de la enseñanza.

Un tercer aspecto que se debe discutir es el siguiente. Los resultados de un buen número de investigaciones indican que estas ideas tienen un cierto grado de estabilidad y consistencia. De hecho, muchas de ellas son muy resistentes al cambio. Sin embargo, también se ha señalado que parecen ser muy dependientes de la tarea en la que son detectadas o evaluadas. De hecho, uno de los problemas encontrados cuando se han diseñado programas de intervención para modificar estas ideas de los alumnos es que la instrucción resultaba eficaz en el tipo de tareas en el que habían recibido instrucción, pero no en otras que evaluaban el mismo contenido pero con un formato diferente (por ejemplo, Engel Clough y Driver, 1986).

Esta falta de consistencia y dependencia de la tarea es explicada por el enfoque de la "cognición situada". Estas ideas de los alumnos no serían sino una perspectiva alternativa al punto de vista científico, inadecuada en el contexto del aprendizaje escolar de contenidos científicos, pero no en el contexto cotidiano. Por tanto, no habría que modificar estas ideas, sino enseñar al alumno a aplicarlas en el contexto adecuado (Solomon, 1983b).

Aun admitiendo la explicación facilitada por la "cognición situada", esta dependencia de la tarea o dificultad de los alumnos para reconocer el contexto adecuado supone una notable dificultad para el profesor: ¿cómo puede realizar entonces una evaluación eficaz? ¿Cómo saber si el alumno que en un tipo de tarea o en un contexto resuelve adecuadamente la tarea la resolvería también con éxito si la técnica de evaluación empleada o la tarea hubieran sido distintas? Y viceversa, ¿cómo saber que el que lo resuelve incorrectamente, en un caso, no lo resolvería adecuadamente en el otro? ¿Cómo estar seguro de que utiliza una técnica/tarea adecuada para detectar las ideas de todos los alumnos?

Otra de las críticas que ha recibido este enfoque es que la mayoría de los estudios realizados son trabajos muy descriptivos y específicos (Pozo y otros, 1991). Para poder avanzar en nuestro conocimiento sobre la adquisición del conocimiento específico de dominio, sería útil que esos trabajos pudieran integrarse y relacionarse, de tal modo que pudiéramos establecer conexiones, diferencias y semejanzas entre la comprensión de diversos conceptos pertenecientes a un mismo dominio. Esto sería especialmente interesante en aquellos que son básicos para comprender la disciplina y nos daría una visión más integrada de los problemas de aprendizaje del alumno en ese dominio. De este modo, tal vez podrían hacerse sugerencias más concretas para la instrucción.

El denominado cambio conceptual es uno de los aspectos centrales de este enfoque y a la vez uno de los que plantean más controversias y, sin duda, numerosas cuestiones que aún estamos lejos de poder resolver. En primer lugar, venimos señalando cómo no hay acuerdo en las posiciones teóricas que mantienen los autores especializados en el tema sobre cuál es la naturaleza y el carácter de las ideas de los alumnos. ¿Qué es lo que debe cambiarse para que se logre el cambio conceptual? Veamos cómo responderían a esta pregunta diferentes perspectivas actuales (Tabla 2).

Para los que apoyan el enfoque de la "cognición situada" no es preciso cambiar nada, puesto que lo que sucede es que el alumno no reconoce el contexto/situación en el que deben emplearse esas ideas que probablemente son válidas para aplicarse adecuadamente en la vida cotidiana, pero no lo son en el contexto del aprendizaje escolar. Por tanto, habría que conseguir que el alumno poseyera múltiples representaciones mentales (Spada, 1994; Caravita y Halidén, 1994) y que discriminara el contexto en el que cada una resulta aplicable.

Por su parte, Chi y otros (1994) consideran que el cambio consiste en cambiar un concepto que está asignado a una categoría ontológica que no le corresponde (fuente de origen de estas ideas alternativas) a la categoría ontológica adecuada. Esto sucede, por ejemplo, cuando el alumno tiene asignado el concepto luz a la categoría "materia" en lugar de a la categoría "procesos" a la que pertenece desde el punto de vista científico.

Para DiSessa (1988) lo que cambian son representaciones inconexas y desintegradas (fragmentos que denomina "p-prims"). La adquisición del conocimiento científico implicaría un cambio estructural hacia la sistematicidad y no sólo un cambio de contenido.

En el caso de Vosniadou (1994) no se cambia repentinamente una teoría específica de dominio por otra, como al parecer, propone Carey (1985 y 1991), sino que habría que distinguir entre la teoría-marco (teoría ingenua del mundo físico, puesto que se refiere al proceso de cambio conceptual en física) y las teorías específicas que estarían limitadas por la teoría marco. El cambio consistiría en una reinterpretación gradual de los diferentes tipos de restricciones que van surgiendo, especialmente de aquellas que pertenecen a la teoría marco. Por tanto, lo que hay que reinterpretar es la teoría marco que supondría una "reestructuración radical", de acuerdo con la denominación de Carey (1985), a la que parece llegarse después de "reestructuraciones débiles" de las teorías específicas de dominio. El cambio sería un proceso continuo de reestructuración de la teoría-marco.

TABLA 2 Distintas posiciones teóricas sobre el cambio conceptual.	
POSICIÓN TEÓRICA	¿QUÉ ES LO QUE DEBE CAMBIARSE PARA QUE SE LOGRE EL CAMBIO CONCEPTUAL?
Cognición situada (entre otros, Spada, 1994; Caravita y Halidén, 1994)	Nada. Coexistencia de múltiples representaciones. El alumno debe identificar y discriminar el contexto adecuado.
Conocimiento fragmentado (DiSessa, 1988; 1993)	P-prims.
Teoría-marco. Modelos mentales. (Vosniadou, 1994; Vosniadou y Brewer, 1992)	Una teoría por otra (reestructuración)
Reestructuración radical y reestructuración débil (Carey, 1985)	Una teoría por otra (reestructuración)
Cambio de categoría ontológica (Chi y otros, 1994)	La categoría ontológica a la que están asignados los conceptos dentro de la red del individuo.
Cambios metacognitivos (White y Gunstone, 1989; Reif y Larkin, 1991; Vosniadou, 1994)	Fundamentalmente, las estrategias metacognitivas del sujeto

Para White y Gunstone (1989) lo que debe modificarse no son sólo las creencias o las ideas de los alumnos. La explicación de la enorme dificultad de lograr el cambio conceptual radica en que es necesario que el estudiante desarrolle ciertas estrategias metacognitivas. El cambio conceptual implica adoptar cierta perspectiva sobre qué es aprender y cuál es la utilidad de ese aprendizaje. Es decir, ser consciente de que se tienen unas determinadas creencias o ideas que discrepan de las que mantienen otros individuos o, en este caso, la comunidad científica.

También en este sentido, Reif y Larkin (1991) señalan que no sólo hay que modificar las ideas de los alumnos, sino también su conocimiento (metaconocimiento) sobre cuáles son las metas de ese dominio de conocimiento y los recursos cognitivos de los que se dispone para conseguirlas, de tal modo que el alumno sea capaz de distinguir las metas del conocimiento cotidiano de las del conocimiento científico o el escolar. Vosniadou (1994) destaca que los estudiantes deben tomar conciencia de que sus ideas pueden dar lugar a la formulación de hipótesis que pueden ser comprobadas. Kuhn (1989) sugiere que es el desarrollo de estrategias metacognitivas lo que permite una coordinación eficaz de teoría y evidencias dentro del pensamiento científico. En definitiva, lo que facilitaría el proceso de cambio conceptual no es tanto lograr que los alumnos cambien sus creencias e ideas, sino que desarrollen estrategias metacognitivas. Por tanto, para todos estos autores el cambio conceptual no sería sólo "conceptual" sino que exigiría también otros tipos de cambios: actitudinales (hay que tener un interés por la tarea que hay que resolver, saber que puede haber discrepancias entre el conocimiento cotidiano y el conocimiento científico, etc.) y en las habilidades de pensamiento (desarrollo de estrategias metacognitivas) (véase también el capítulo de Rodríguez Moneo y Carretero, en este volumen).

Parece que lograr el cambio conceptual —en el sentido de reestructuración radical de Carey— no implica sólo un cambio en el conocimiento declarativo del individuo, en la estructura de su conocimiento específico de dominio, sino que puede implicar también un cambio actitudinal y estar relacionado también con las habilidades de pensamiento del sujeto (capacidad para formular y comprobar hipótesis, y desarrollo de estrategias metacognitivas).

Esto explicaría lo costoso y difícil que resulta lograr esto, especialmente si tenemos en cuenta las limitaciones de tiempo del profesor, la cantidad de contenidos que tiene que impartir y su disponibilidad

limitada para poder atender a todos sus alumnos del modo tan individualizado que exige un cambio de este tipo. Estas dificultades conducirían a cuestionarnos si es viable y/o razonable que el cambio conceptual sea una meta prioritaria con respecto a la mayoría de los contenidos de la enseñanza primaria y secundaria. Creemos que sería más adecuado distinguir niveles de comprensión (Carretero, 1993; Carretero y Limón, 1996) en las nociones incluidas en los contenidos escolares, de tal modo que el proceso de cambio fuera gradual y no el objetivo a conseguir en un curso académico, sino a lo largo de una etapa educativa. Por otro lado, es cierto también que puede no ser razonable ni siquiera adecuado pretender que el alumno comprenda de manera profunda e integral todo lo que aprende. Habría, pues, que precisar qué contenidos es necesario que el alumno comprenda y qué grado de comprensión queremos que posean según el nivel educativo en el que se encuentren.

Otro aspecto relativo al cambio conceptual que está todavía lejos de poder ser solucionado es el relativo al proceso de cambio. ¿Cuáles son los procesos que dan lugar al cambio? Esos procesos, ¿son comunes o específicos de dominio? ¿Qué procedimientos o estrategias conducen al cambio?

La estrategia de presentar al alumno situaciones que le planteen conflicto cognitivo ha sido una de las más utilizadas. Sin embargo, los resultados de estos trabajos indican que la presentación de datos contradictorios o anómalos (Chinn y Brewer, 1993) no son una condición suficiente para que se produzca el cambio conceptual (Driver, 1989; Dreyfus y otros, 1990; Nissani y Hoefler-Nissani, 1992; Chinn y Brewer, 1993; Baillo y Carretero, en este volumen). La reciente aportación de Chinn y Brewer (1993) ha contribuido a precisar algo más, al menos desde el punto de vista teórico: el efecto de la presentación de datos anómalos. Existen siete tipos de respuesta para la presentación de datos contradictorios: ignorarlos, rechazarlos, excluirlos del dominio de la teoría, dejarlos sin utilizar de momento, reinterpretar los datos manteniendo la teoría, reinterpretarlos y realizar modificaciones periféricas de la teoría y, por último, aceptar los datos y cambiar la teoría (véase tabla 3). La segunda cuestión que plantean es: ¿qué factores son los que influyen para que se produzca uno u otro tipo de respuesta? (véase también el capítulo de Baillo y Carretero, en este volumen).

<p>TABLA 3</p> <p>Factores que influyen en cómo se responde a la presentación de datos anómalos (traducida de Chinn y Brewer, 1993).</p>
<p><b>CARACTERÍSTICAS DEL CONOCIMIENTO PREVIO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Arraigo de la teoría previa.</li> <li>2. Creencias ontológicas.</li> <li>3. Presupuestos epistemológicos sobre la ciencia.</li> <li>4. Conocimiento científico general.</li> </ol> <p><b>CARACTERÍSTICAS DE LA TEORÍA NUEVA</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Accesibilidad de una teoría alternativa plausible.</li> <li>2. Calidad de la teoría alternativa.</li> </ol> <p><b>CARACTERÍSTICAS DE LOS DATOS ANÓMALOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Credibilidad.</li> <li>2. Ambigüedad.</li> <li>3. Multiplicidad.</li> </ol> <p><b>ESTRATEGIAS DE PROCESAMIENTO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Procesamiento profundo.</li> </ol>

Aportan también una serie de sugerencias instruccionales para promover un cambio reflexivo de teoría, tales como: mejorar el conocimiento previo de los alumnos reduciendo el "arraigo" de determinadas concepciones o fortaleciendo un conocimiento científico general que les ayude; presentar teorías alternativas a las del alumno que sean plausibles e inteligibles; presentar datos anómalos que sean creíbles y claros, y de

ser posible, que no representen un caso aislado y excepcional, sino que sean múltiples y favoreciendo un procesamiento profundo de la información.

Si bien el trabajo de estos autores ha supuesto un avance, al menos en el plano teórico, sobre el papel de los datos conflictivos, la investigación empírica es muy escasa y sabemos aún poco sobre qué estrategias son realmente eficaces para lograr el cambio conceptual.

Finalmente, los aspectos afectivos y motivacionales, que indudablemente tienen también un papel muy importante en este proceso, no han sido integrados en este enfoque de la enseñanza de las ciencias. La reciente aportación de Pintrich y otros (1993) puede ser un buen punto de partida para el desarrollo de estos aspectos.

## Conclusiones

El enfoque de las ideas o concepciones alternativas de los alumnos está realizando una notable contribución a nuestro conocimiento sobre la comprensión de dominios científicos específicos tales como la Física, la Química o la Biología.

Dos de las principales implicaciones de este enfoque, ubicado dentro de una perspectiva constructivista del aprendizaje para la enseñanza de las Ciencias Naturales son: a) el profesor debe realizar una evaluación inicial en la que trate de identificar las ideas previas de sus alumnos, y b) una vez identificadas, deben ponerse en práctica estrategias que promuevan el cambio conceptual.

Se han desarrollado diversas técnicas para tratar de hacer explícitas las ideas de los alumnos, entre las que destacan los cuestionarios de elección múltiple y el diseño de pequeños problemas sobre diversos fenómenos científicos relacionados con la experiencia del alumno. Sin embargo, al ser construcciones personales y, por tanto, individuales; al haberse comprobado que algunas de ellas son muy dependientes de la tarea en la que son diagnosticadas y el que a veces carezcan de un alto grado de coherencia y estabilidad, dificulta su evaluación y pone de manifiesto las limitaciones de la metodología empleada hasta ahora. Es necesaria mayor investigación en este sentido. No obstante, y a pesar de estas dificultades, el profesor debería hacer una evaluación de las ideas de sus alumnos, elaborando sus propios instrumentos adaptados a las características de sus alumnos y combinando varias técnicas en vez de limitarse a una con el fin de salvar en la medida de lo posible los problemas señalados.

Por otro lado, buena parte de estas dificultades no se deben sólo a la carencia de una metodología potente y eficaz, sino que también reflejan la ausencia de un marco teórico claro que integre, por un lado, una buena parte de los resultados empíricos y, por otra, algunos de los planteamientos teóricos que han ido surgiendo para explicar algunos aspectos relacionados con las características y origen de estas ideas y el proceso de cambio conceptual. Cuestiones centrales para poder avanzar en la investigación y el desarrollo teórico, tanto desde un punto de vista psicológico como didáctico de este enfoque, siguen sin estar resueltas por completo. Entre ellas cabe destacar:

- a) las discrepancias sobre la naturaleza y características de las representaciones del alumno;
- b) qué es lo que en realidad cambia en el proceso de cambio conceptual;
- c) si existen diferentes tipos de cambio conceptual. ¿Habría que llamarlo "cambio conceptual"? o, puesto que parece que el cambio debe afectar no sólo al conocimiento declarativo del sujeto, ¿habría que buscar otra etiqueta más adecuada al tipo de cambio que en realidad se pretende?;
- d) ¿qué tipo de procesos están implicados en el cambio? ¿Son esos procesos comunes o específicos de dominio?, o ¿los hay comunes y específicos? Tal vez la distinción entre la "ciencia cotidiana", "la ciencia escolar" y la "ciencia ciencia" sea una sugerencia interesante para profundizar en la investigación;
- e) ¿qué estrategias instruccionales son eficaces a corto, medio y largo plazo para lograr el cambio o los diferentes tipos de cambios? Concretamente, ¿cuál es el papel del conflicto cognitivo y los datos anómalos en ese proceso?;
- f) ¿cómo pueden integrarse los aspectos motivacionales y afectivos en este enfoque?

Asimismo, habría que tender a la realización de trabajos integradores más que descriptivos que pudieran hacer una mayor contribución didáctica en aspectos tales como la selección y secuenciación de contenidos en los diferentes niveles educativos.

En definitiva, este enfoque supone un avance importante en nuestro conocimiento sobre la comprensión de los conocimientos científicos de los estudiantes y, en general, de los sujetos profanos o con escasos conocimientos científicos, pero ponerlo en práctica en el aula de una manera coherente exige un

notable esfuerzo por parte del profesor y una selección y reducción de los contenidos si el objetivo es lograr la comprensión del alumno y, por tanto, "la reestructuración radical". En nuestra opinión, sería más adecuado distinguir niveles de comprensión adecuados a cada nivel educativo, de tal modo que el proceso de cambio fuera gradual, se posibilitara que los alumnos pudieran desarrollar su propio proceso de cambio y fuera éste el que se evaluara.

## Referencias bibliográficas

- Brewer, W.F. y Samarapungavan, A.** (1991). "Children's theories vs. scientific reasoning: differences in reasoning or differences in knowledge?" En: R.R. Hoffman y D.S. Palermo (eds.) *Cognition and the symbolic processes: applied and ecological perspectives*. Hillsdale, NJ: LEA.
- Caravita, S. y Halldént O.** (1994). "Re-framing and modeling the processes of conceptual change". *Learning and Instruction*, vol. 4 (1), 89-111.
- Carey, S.** (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, Ma: The MIT Press.
- Carey, S.** (1991). "Knowledge acquisition: enrichment or conceptual change?" En: S. Carey y R. Gelman (eds.). *The epigenesis of mind: essays on biology and cognition*. Hillsdale, NJ: LEA.
- Carretero, M.** (1984). "De la larga distancia que separa la suposición de la certeza". En: M. Carretero y J. A. García Madruga (Eds.) *Lecturas de psicología del pensamiento*. Madrid: Alianza.
- Carretero, M.** (1985a). "El desarrollo cognitivo en la adolescencia y la juventud: las operaciones formales". En: M. Carretero, J. Palacios y A. Marchesi (Eds.) *Psicología Evolutiva, vol. 3. Adolescencia, madurez y senectud*. Madrid: Alianza .
- Carretero, M.** (1985b). "Aprendizaje y desarrollo cognitivo. Un ejemplo del tratado del inútil combate". En: J . Mayor (comp.) *Actividad humana y procesos cognihvos*. Madrid: Alhambra.
- Carretero, M.** (1993). *Constructivismo y educación*. Madrid: Edelvives. También Buenos Aires: Aique.
- Carretero, M.** (1996). *Introducción a la Psicología Cognitiva*. Buenos Aires: Aique.
- Carretero, M. y García Madruga, J.A.** (1984). *Lecturas de Psicología del pensamiento*. Madrid: Alianza.
- Carretero, M. y Limón, M** (1996). "Problemas actuales del constructivismo. De la teoría a la práctica". En M.J. Rodrigo, I. Annay (Eds.) *Constructivismo. Ecos de un debate*. Barcelona: Paidós.
- Chi, M.T.H.; Slotta, J.D. y de Leeuw, N.** (1994). "From things to processes: a theory of conceptual change for learning science concepts". *Leaming and Instruction*, vol. 4 (1), 27-44.
- Chinn, C.A. y Brewer, W.F.** (1993). "The role of anomalous data in knowledge acquisition: a theoretical framework and implications for science education". *Review of Educational Research*, vol. 63 (1), 1 -49.
- Clement, J.; Brown, D.E. y Zietsman, A.** (1989). "Not all preconceptions are mis-conceptions: finding 'anchoring conceptions' for grounding instruction on students' intuitions international". *Journal of Science Education*, vol. 11, número monográfico, 554-565.
- DiSessa** (1988). "Knowledge in pieces". In G. Forman & PB. Pufall (Eds.) *Constructivism in the computer age*. Hillsdale, NJ: LEA.
- DiSessa** (1993). "Towards an epistemology of physics". *Cognition and Instruction*, 2 10 (2-3), 105-225.
- Dreyfus, A.; Jungwirth, E. y Eliovitch, R.** (1990). "Applying the 'cognitive conflict' strategy for conceptual change - some implications, difficulties and problems". *Science Education*, 74 (5), 555-569.
- Driver, R.** (1985). "Beyond appearances: the conservation of matter under physical and chemical transformations". En: R. Driver; E. Guesne y A. Tiberghien (Eds.) *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press. Trad. cast. de P Manzano *Las ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata/MEC, 1989.
- Driver, R.** (1989). "Student's conceptions and the learning of science". *Intemational Journal of Science Education*, vol. 11, número monográfico, 481 -490.
- Duit, R.** (1991). "On the role of analogies, similes and metaphors in learning science". *Science Education*, 75, 649-672.
- Duit, R.** (1994). "Conceptual change approaches in science education". Ponencia presentada en el "Symposium on conceptual change", Jena (Alemania), 1-3 septiembre. Aparecerá publicado en W. Schnotz, S. Vosniadou y M. Carretero (Eds.) (en prensa) *New perspectives on conceptual change*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Dykstra, D.I.; Boyle, C.F. y Monarch, I.A.** (1992). "Studying conceptual change in learning physics". *Science Education*, 76(6), 615-652.
- Engel Clough, E. y Driver, R.** (1986). "A study of consistency in the use of students' conceptual frameworks across different task contexts". *Science Education*, 70(4), 473-496.
- Fetherstonhaugh, T. y Treagust, D.F.** (1992). "Students' understanding of light and its properties: teaching to engender conceptual change". *Science Education*, 76(6), 653- 672.
- Gabel, D.L.; Samuel, K.V. y Hunn, D.** (1987). "Understanding the particulate nature of matter". *Journal of Chemical Education*, 64 (8), 695-697.
- Gunstone, R. y Watts, M.** (1985). "Force and movement". En: R. Driver; E. Guesne y A. Tiberghien (Eds.) *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press. Trad. cast. de P. Manzano: *Las ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata/MEC, 1989.

- Kuhn, D.** (1989). "Children and adults as intuitive scientists". *Psychological Review*, vol. 96 (4), 674-689.
- Llorens, J.A.** (1991). *Comenzando a aprender química. Ideas para el diseño curricular*. Madrid: Visor.
- Nissani, M. y Hoefler-Nissani, D.M.** (1992). "Experimental Studies of belief dependence of observations and of resistance to conceptual change". *Cognition and Instruction*, 9(2), 97-111.
- Nussbaum, J.** (1985). "The particulate nature of matter in the gaseous phase". En: R. Driver, E. Guesne y A. Tiberghien (Eds.) *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press. Trad. cast. de P. Manzano *Las ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata/MEC, 1989.
- Nussbaum, J.** (1989). "Classroom conceptual change: philosophical perspectives". *International Journal of Science Education*, vol. 11, número monográfico, 530-540.
- Pea, R.D.** (1993). "Learning scientific concepts through material and social activities: conversational analysis meets conceptual change". *Educational Psychologist*, 28(3), 265-277.
- Pfundt, H. y Duit, R.** (1994). *Bibliography Students' alternative frameworks and science education*. 4th. edition. Kiel, Germany: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Pintrich, P.R.; Marx, R.W. y Boyle, R.A.** (1993). "Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change". *Review of Educational Research*, vol. 63 (2), 167-200.
- Pozo, J.I. y Carretero, M.** (1992). "Causal theories, reasoning strategies, and conflict resolution by experts and novices in Newtonian mechanics". En: A. Demetriou, M. Shayer y A. Efklides (Eds.) *Neopietagetian theories of cognitive development Implications and applications for education*. Londres: Routledge.
- Pozo, J.I.; Gómez Crespo, M. A.; Limón, M. y Sanz, A.** (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química*. Madrid: CIDE.
- Reif, F. y Larkin, J.H.** (1991). "Cognition in scientific and everyday domains: comparison and learning implications". *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 28 (9), 733-760.
- Samarapungavan, A.** (1992). "Children's judgements in theory choice tasks: scientific rationality in childhood". *Cognition*, 45, 1-32.
- Schumacher, G.M.; Tice, S.; Wen Loi, P.; Stein, S.; Joyner, C. y Jolton, J.** (1993). "Difficult to change knowledge: explanations and interventions". Ponencia presentada en el Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Cornell University, Ithaca, USA.
- Solomon, J.** (1983a). "Messy, contradictory and obstinately persistent: a study of children's out-of-school ideas about energy". *School Science Review* 65 (231), 225-230.
- Solomon, J.** (1983b). "Learning about energy: how pupils think in two domains". *European Journal of Science Education*, vol. 5(1), 49-59.
- Spada, H.** (1994). "Conceptual change or multiple representations?" *Learning and Instruction*, vol. 4 (1), 113-116.
- Spiro, R.J.; Feltovitch, P.J.; Couison, R.L. y Anderson, D.K.** (1989). "Multiple analogies for complex concepts: antidotes for analogy-induced misconception in advanced knowledge acquisition". En: S. Vosniadou y A. Ortony (Eds.) *Similarity and analogical reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Strike, K.A. y Posner, G.J.** (1985). "A conceptual change view of learning and understanding". En: L. West y L. Pines (Eds.) *Cognitive structure and conceptual change*. Orlando: Academic Press.
- Vosniadou, S.** (1994). "Capturing and modeling the process of conceptual change". *Learning and Instruction*, vol. 4 (1), 45-70.
- Vosniadou, S. y Brewer, W.F.** (1992). "Mental models of the earth: a study of conceptual change in childhood". *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.
- Vosniadou, S. y Ortony, A.** (1989). "Similarity and analogical reasoning: a synthesis". En: S. Vosniadou y A. Ortony (Eds.) *Similarity and analogical reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wandersee, J. H.; Mintzes, J.J. y Novak, J.D.** (1993). "Research on alternative conceptions in science". En: D. Gabel (Ed.) *Handbook of research on science teaching and learning*. New York: Macmillan Publ.
- White, B.Y.** (1993). "ThinkerTools: causal models, conceptual change and science education". *Cognition and Instruction*, 10 (1), 1 -100.
- White, R.T. y Gunstone, R.F.** (1989). "Metalearning and conceptual change". *International Journal of Science Education*, vol. 11, número monográfico, 577-586.