

XILOCA 13
págs. 221-240
1994
ISSN: 0214-1175

763

LA REALIDAD COMARCAL COMO PUNTO DE REFERENCIA EN LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS CURRICULARES DE CENTRO: UNA EXPERIENCIA SOBRE LA COMPRESIÓN DEL CONCEPTO DE REACCIÓN QUÍMICA

Juan A. Lloréns Molina*

Resumen.— En este trabajo se formula un conjunto de reflexiones y alternativas acerca del papel de los conocimientos previos del alumno en el aprendizaje de las ciencias. Estas reflexiones son ilustradas mediante un estudio sobre el concepto de reacción química en estudiantes de 8.º de E.G.B. y 2.º de B.U.P. de Monreal del Campo y Calamocha, respectivamente. Asimismo, se subraya la importancia de este tipo de reflexiones en la elaboración, a través de equipos docentes comarcales, de los Proyectos Curriculares de Centro.

Abstract.— In this paper, a reflections and alternatives set about the role of pupil's previous knowledge in science learning is established. This reflections are enlightened by means of a study about the chemical change concept in 8.º E.G.B. and 2.º B.U.P. pupil's from Monreal del Campo and Calamocha, respectively. Also, the importance of reflections in this way for the development Curricular Center's Projects through regional teaching teams, are emphasized.

1. INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, el aprendizaje se ha concebido como un proceso de trasvase de conocimientos, donde aquél que los posee —el profesor— los transmite a quien carece de ellos —el alumno—. La eficacia de esta transmisión vendría dada entonces, principalmente, por las características personales del profesor y del material didáctico que utiliza y, por supuesto, de las aptitudes y actitudes de los alumnos. Sin embargo, la realidad no es tan sencilla: la mente de nuestros alumnos no es una "tábula rasa",

* Centro de Estudios del Jiloca - Centro de Profesores de Valencia.

sino que en ella existen multitud de significados y experiencias de todo tipo; de hecho, el desenvolverse adecuadamente en la vida cotidiana requiere conocimientos científicos, aunque sean implícitos, poco estructurados, y se expresen a través del lenguaje vulgar. Esta reflexión, que por obvia puede parecer trivial, no lo es tanto cuando consideramos la posible interacción entre el aprendizaje escolar y la cultura cotidiana a la que nos referimos. Nuestros alumnos se enfrentan a los nuevos conocimientos transmitidos por la escuela con unos instrumentos intelectuales constituidos por conceptos, por actitudes, por procedimientos metodológicos, etc. que son, a la vez, obstáculo y catalizador de su aprendizaje. Profundicemos en estas ideas, ampliamente fundamentadas desde el punto de vista teórico y desde la realidad de nuestras aulas.

2. LA PERSPECTIVA CONSTRUCTIVISTA: EL APRENDIZAJE A PARTIR DE SITUACIONES PROBLEMÁTICAS

Ya hemos señalado anteriormente que, a la hora de elaborar su visión de la realidad, las personas parten de su acervo de experiencias de todo tipo, de manera el mundo es percibido y conceptualizado a través de sus "teorías" personales. Como expresa Guy Claxton en su conocida obra "Vivir y aprender": *"Nuestra mente está llena de expectativas sobre lo que hacer, cuándo hacerlo y las consecuencias que se derivarán de ello, que constituyen nuestra teoría empírica. En cada momento, el análisis del mundo exterior nos sugiere un conjunto de posibilidades que hemos denominado antecedentes y el mundo interno nos indica cuáles serían las consecuencias deseables de nuestra actuación. El trabajo de la teoría consiste en seleccionar o construir una expectativa cuya conducta produzca la consecuencia adecuada"*.

Partiendo de esta visión general del aprendizaje, situemos el problema en el contexto propiamente escolar. Hace algunos años la llamada "pedagogía por objetivos" se concretaba, muchas veces, en rellenar las conocidas "fichas", que pese a conceder un cierto protagonismo al alumno, reflejaban más un proceso de fijación de conocimientos, transmitidos principalmente a través del libro de texto, que un proceso reflexivo de apropiación de saberes y de desarrollo de habilidades y actitudes positivas.

A partir de la década de los 70 comienza a desarrollarse, sobre todo en el terreno de las ciencias, una línea de investigación, cuantitativamente muy importante, encaminada a identificar aquellas ideas más o menos espontáneas o ligadas al aprendizaje escolar, frecuentemente erróneas desde el punto de vista científico, con que los alumnos se enfrentan a las situaciones de aprendizaje. Esta corriente no surge, por supuesto, por generación espontánea, sino en el seno de un marco teórico que desde la psicología del aprendizaje había abandonado las tesis conductistas para adentrarse en el amplio terreno de las tendencias cognitivistas. Concretamente, la orientación constructivista del aprendizaje de la que en este momento tanto hablamos y escribimos, puede reconocerse deudora de múltiples aportaciones, muchas de ellas lejanas en el tiempo, que configuran un rico y plural sustrato teórico. Desde una visión centrada en las tareas del aula, describiremos algunos de los rasgos sustanciales de esta nueva orientación.

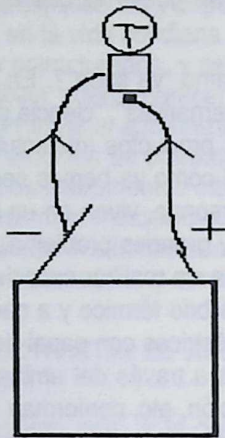
Hay una conocida cita de Ausubel que puede considerarse muy representativa de las inquietudes que dieron origen a la adopción del constructivismo como un orientación del aprendizaje: *"Si tuviera que resumir toda la psicología del aprendizaje en un*

sólo principio enunciaría este: averíguese lo que el alumno ya sabe y enséñesele consecuentemente".

Pero... ¿qué es lo que el alumno "ya sabe"? En ocasiones, términos tales como "ideas previas", "concepciones alternativas", "ciencia del alumno", etc. se utilizan como cajón de sastre donde coexisten productos intelectuales de muy diversa naturaleza y origen. Vayamos por partes: tal como ya hemos señalado en la introducción, nuestros alumnos, como todas las personas, viven en un contexto natural y social que es origen de multitud de pequeños y grandes problemas que cotidianamente resuelven: consiguen ducharse con agua tibia sin realizar excesivos cálculos acerca de la temperatura a la que se alcanza el equilibrio térmico y a nadie —o casi nadie— se le ocurre efectuar el empalme de cables eléctricos con papel de aluminio. Nuestra propia experiencia, la experiencia compartida a través del ambiente cultural —en su sentido más amplio—, los medios de comunicación, etc. conforman un tipo de conocimiento corrientemente útil en la vida cotidiana y basado en conceptos difusos o "categorías naturales"¹ y en razonamientos causales relativamente simples. Por ejemplo, diariamente adoptamos decisiones tales como ir de un lugar a otro en automóvil por una gran ciudad. Para determinar el camino óptimo tenemos en cuenta la distancia, la fluidez del tráfico y los factores que en ella intervienen: hora del día, día de la semana, etc., tenemos en cuenta si un itinerario dado nos permite resolver algún que otro compromiso, tal vez tengamos que poner gasolina, etc. Evidentemente, durante el desayuno, no podemos efectuar un conjunto de cálculos que nos permita elegir el camino idóneo; además de que, probablemente, no valga la pena. Ni los factores citados podemos considerarlos variables, en el sentido estrictamente científico de la palabra, ni estas presuntas variables están relacionadas, asimismo, de una manera matemáticamente precisa. Sin embargo, somos capaces de conjugar todos estos factores de manera que solemos decidir bien.

Desde este punto de vista podemos interpretar de manera sencilla por qué nuestros alumnos tienen importantes dificultades en adquirir y distinguir determinados conceptos, como cambio físico, cambio químico, fuerza, calor, etc. Por ejemplo, desde la cultura cotidiana, la comprensión de la materia y sus transformaciones no tiene lugar a partir de conceptos tales como "sustancia pura", "disolución", "elemento químico", etc. sino de un concepto vago de "material" —frecuentemente ligado a los objetos concretos— como todo aquel tipo de materia que tiene unos rasgos perceptivos característicos o una utilidad definida: un material es ese material y no otra cosa mientras sirve para aquello por lo cual es conocido o mientras pueda distinguirse de otros materiales por su aspecto, textura, etc. Otro ejemplo significativo es el siguiente: cuando se pide a alumnos de 11 a 12 años —por regla general— que expliquen cómo funciona un circuito eléctrico constituido por una pila y una bombilla, frecuentemente aplican el llamado modelo de "las corrientes antagonistas" reflejado en la figura:

1. Este tipo de conocimiento y su relación con el científico viene ampliamente descrito en el artículo de J.I. Pozo titulado "Las ideas de los alumnos sobre la ciencia como teorías implícitas" (Infancia y Aprendizaje, 1992, 57, 3-22).



¿Tiene sentido calificar de erróneo este modelo? Por supuesto que sí, si lo valoramos desde el concepto de corriente eléctrica científicamente aceptado, pero no desde la perspectiva del alumno cuya explicación se centra en la existencia de una fuente y un consumidor de energía, siendo lo que se transfiere entre ambos una noción difusa e inestable, relacionada con la corriente eléctrica y la energía. Desde este punto de vista, no deja de poseer cierta coherencia el modelo alternativo de circuito anteriormente citado.

En general, y a modo de síntesis, podemos asignar, de acuerdo con Pozo, J.I. (1991) un triple origen a estas ideas alternativas.

a) **Perceptivo:** los rasgos cualitativamente más notorios, desde la simple percepción cotidiana, son más relevantes que los criterios adoptados científicamente. Por ejemplo, se confunde la combustión y la incandescencia por su similitud perceptiva, pese a ser procesos de distinta naturaleza (no es extraño que un vendedor de electrodomésticos pretenda convencernos de que las estufas cuya resistencia eléctrica es visible consumen oxígeno, mientras los radiadores de aceite, cuyo funcionamiento también se basa en una resistencia eléctrica, no).

b) **Analógico:** cuando los alumnos aprenden conceptos y, sobre todo, modelos que les resultan sencillos y operativos, tienden a utilizarlos para explicar nuevos problemas. Así, por ejemplo, la idea de repulsión —magnética o eléctrica— o la flotación en un supuesto medio, son ideas que utilizan, por ejemplo, para justificar que las moléculas de un gas no se caen.

c) **Cultural:** el medio cultural, a través, principalmente, del uso del lenguaje, afecta al aprendizaje de los conceptos científicos. Hemos de tener en cuenta que la mayor parte de la terminología científica empleada en los niveles básicos también se utiliza en diversos ámbitos de la vida cotidiana. Si a nuestros alumnos adolescentes les preguntamos acerca de los términos: "presión", "gas", "disolución" o "mezcla", probablemente evocarán la rigidez de las ruedas de su motocicleta, la aceleración que le proporcionan, el pegamento con que reparan la cámara de sus ruedas o el combus-

tible que utilizan, respectivamente. En muchos casos, la delimitación y la no interferencia de los significados en los contextos científico y cotidiano es posible, pero en otros casos se ha comprobado experimentalmente que no es así (Llorens, J.A., 1988, 1989). No nos debe extrañar, por tanto, que el impacto del aprendizaje escolar dé lugar a distorsiones y desajustes frecuentes. Por ejemplo, en muchas situaciones, los alumnos utilizan indistintamente términos tales como "fusión", "licuación" y "disolución" ¿supone esto un simple error? Más sencillo es interpretar este hecho admitiendo que para estos alumnos lo importante es lo directamente observable: un sólido desaparece en el seno de un líquido, sin formular ninguna hipótesis sobre la naturaleza del fenómeno. En realidad, un alumno conceptualiza las transformaciones de la materia desde aquellos criterios que le resultan relevantes: que el material o el objeto siga o no siga pareciendo lo mismo y que continúe o no teniendo la misma utilidad.

Por último, para cerrar estas reflexiones acerca de la construcción de conocimientos a partir de lo que el alumno "ya sabe", convendrá distinguir las ideas de las que hemos hablado hasta ahora, que aunque notablemente condicionadas, muchas veces, por la experiencia escolar, pueden considerarse creaciones más o menos espontáneas de los alumnos, de aquellas ideas que simplemente están mal aprendidas por estar mal enseñadas. Aquí podríamos citar, como ejemplo más representativo, las trivializaciones, rayanas a veces en la frivolidad, que a veces aparecen en algunos libros de texto.

Volviendo al origen cultural de ciertas concepciones alternativas, en la medida en que una comunidad: ciudad, comarca, etc. posee una determinada identidad cultural, cabe esperar que sus peculiaridades puedan ejercer cierta influencia en la concepción de la realidad física que elaboran los alumnos. Tal vez, estas concepciones no sean esencialmente específicas, ya que la investigación didáctica ha evidenciado, en muchos casos, su universalidad y transculturalidad; ahora bien, las referencias concretas, las situaciones cotidianas con que los alumnos relacionan un cierto concepto, etc. sí suelen estar estrechamente ligadas a las costumbres, medios de vida y tipo de entorno físico propios de esa comunidad. De ahí la conveniencia de caracterizar dichas referencias y situaciones a través de la actividad escolar en un marco comarcal. Por otra parte, y ello es muy importante, la comarca es, sobre todo en zonas rurales y de baja demografía, la unidad más apropiada para que el profesorado indague de manera conjunta en dicha realidad y reflexione sobre sus implicaciones en la práctica diaria de clase, reflexiones que deberán constituir el punto de partida de su proyecto curricular de centro. En resumen, parece conveniente el impulso de tareas de investigación e innovación educativas que tengan como marco de aplicación la comarca. Dentro de este objetivo se inscribe la pequeña investigación expuesta a continuación.

3. UNA EXPERIENCIA SOBRE EL CONCEPTO DE CAMBIO QUÍMICO EN ESCOLARES DE 12 A 16 AÑOS DE LA COMARCA DEL JILOCA

3.1. Objetivos de la experiencia y alumnos que colaboraron en ella

El objetivo de este pequeño estudio es identificar, en los escolares de 12-16 años de la comarca del Jiloca, las concepciones alternativas acerca de la noción de cambio químico e ideas relacionadas, para compararlas con los rasgos generales identifica-

dos en otros estudios similares y evaluar sus rasgos característicos. La experiencia ha sido realizada con 26 alumnos de 8.º de E.G.B. del C.P. "Nuestra Sra. del Pilar" de Monreal del Campo y 52 alumnos de 2.º de B.U.P. del I.B. "Valle del Jiloca" de Calamocha. En ambos casos los cuestionarios fueron aplicados previamente a la introducción de los contenidos de Química correspondientes a dichos cursos.

3.2. Diseño experimental y resultados

Dado el carácter descriptivo de esta investigación, su diseño se ha realizado a partir de:

- a) Cuestiones estructuradas en torno a hechos experimentales.
- b) Cuestiones objetivas (verdadero/falso) sobre enunciados relativos al concepto de cambio químico y todos aquellos aspectos de la constitución de la materia relacionados más directamente con éste.

Tratando de evaluar la comprensión del concepto de cambio químico y otros conceptos asociados.

A continuación, presentaremos los instrumentos utilizados y los resultados obtenidos, especificando, en su caso, el método utilizado para el tratamiento de los datos experimentales.

a) Cuestiones estructuradas sobre hechos experimentales

1. Muchas veces habrás visto arder papel o madera. También habrás visto arder alcohol o te habrás fijado en la llama de la cocina de butano de tu casa. Contesta a las siguientes cuestiones:

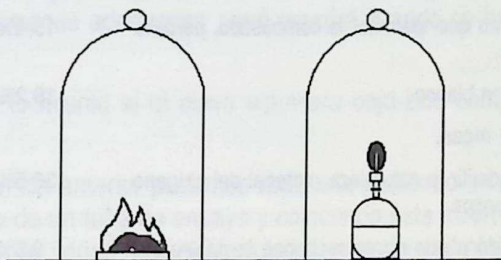
a) ¿Qué semejanzas y diferencias crees que existen entre los siguientes fenómenos?

1. Un papel ardiendo.
2. El hornillo de butano de tu casa encendido.
3. Un poco de alcohol ardiendo.

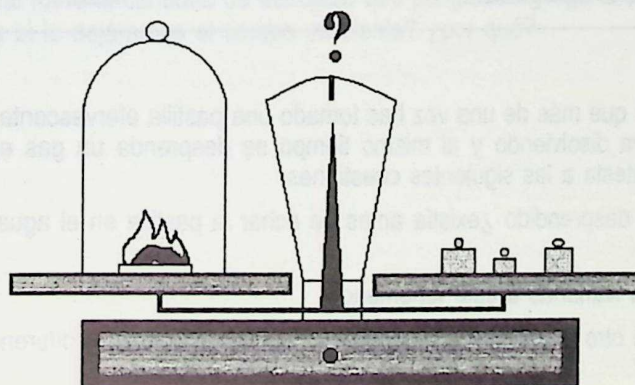
b) En cada uno de esos casos ¿qué ocurre a la sustancia que arde? ¿podría recuperarse fácilmente después? ¿cómo?

1. Papel.
2. Alcohol.
3. Gas butano.

c) ¿Qué ocurriría si cada uno de los fenómenos anteriores tuviera lugar dentro de una campana herméticamente cerrada? ¿por qué?



d) Imagina que la experiencia anterior se lleva a cabo con cada una de las tres sustancias en el platillo de una balanza que se equilibra con pesas antes de comenzar la combustión ¿se desviará el fiel de la balanza? ¿por qué?



RESUMEN DE LOS PRINCIPALES RESULTADOS

CATEGORÍAS	2.º de BUP	8.º EGB
1. Concepción de la combustión como cambio químico.	N = 52	N = 26
1.1. Noción global correcta de la combustión basada en la no conservación de las sustancias.	42,3%	15,4%
1.2. Concepción que consideran la conservación de las sustancias.		
1.2.1. El tipo de sustancia se conserva en cualquier caso.	0%	3,8%
1.2.2. Se pueden recuperar el butano y el alcohol	9,6%	26,9%
1.2.2. Sólo el alcohol enfriando los gases desprendidos.	19,2%	11,5%
1.2.3. Respuestas irrelevantes o en blanco.	28,9%	42,4%
2. Papel del oxígeno.		
2.1. Interviene siempre como reactivo.	57,7%	42,3%
2.2. Interviene siempre con el alcohol o el papel, no así con el butano.	7,7%	11,5%
2.3. Es un agente externo que "permite" la combustión, pero no participa como reacción.	15,4%	3,8%
2.4. No clasificables o en blanco.	19,2%	42,4%
3. Conservación de la masa.		
3.1. Se contempla, al admitir la naturaleza material del oxígeno y de los productos gaseosos.	36,5%	11,5%
3.2. No se admite debido a que no se reconoce la naturaleza material de los gases.	9,6%	7,7%
3.3. No se admite debido a que se reconoce, de algún modo, la pérdida de materia o bien porque se acepta que no ha existido ningún cambio.	7,7%	50%
3.4. No clasificables o en blanco.	46,2%	30,8%

2. Seguro que más de una vez has tomado una pastilla efervescente. Al echarla en agua se va disolviendo y al mismo tiempo se desprende un gas en forma de burbujas. Contesta a las siguientes cuestiones:

a) El gas desprendido ¿existía antes de echar la pastilla en el agua? Si es así ¿dónde?

b) ¿Cómo llamarías a este fenómeno?

c) ¿A qué otro fenómeno lo compararías? ¿Qué semejanzas y diferencias existen entre ambos?

RESUMEN DE LOS PRINCIPALES RESULTADOS

CATEGORÍAS	2.º de BUP	8.º EGB
1. Concepciones acerca de la naturaleza física o química del proceso.		
1.1. Admisión del cambio en la naturaleza de las sustancias.	34,6%	46,1%
1.2. Concepción que consideran la conservación de las sustancias, admitiendo la preexistencia de los productos.	30,8%	30,8%
1.3. Respuestas irrelevantes o en blanco.	34,6%	23,1%

3. Habrás observado muchas veces un clavo oxidado o la barandilla de hierro de un balcón con un aspecto pardo rojizo. Contesta a las siguientes cuestiones:

a) Cuando el hierro se oxida ¿qué le ocurre? ¿sigue siendo hierro? ¿por qué?

b) Supón que dejas un pedazo de hierro sobre el platillo de una balanza y la equilibras con las pesas adecuadas ¿qué ocurrirá cuando se haya oxidado el clavo? ¿por qué?

c) ¿Ocurriría lo mismo si el clavo estuviera bajo una campana de vidrio? ¿por qué?

d) La experiencia anterior podemos realizarla poniendo un poco de estropajo de hierro en el fondo de un tubo de ensayo y colocando éste invertido dentro de un vaso de agua. Al cabo de varios días el hierro está oxidado y el nivel de agua en el tubo ha subido ¿Cómo interpretas este hecho?

Si el tubo lo dejáramos mucho tiempo en el agua ¿podría subir ésta hasta llenar completamente el tubo de ensayo? ¿por qué?

Sea cual fuere la cantidad de estropajo que pongamos ¿llegaría a oxidarse completamente si lo dejáramos el tiempo suficiente? ¿por qué?

RESUMEN DE LOS PRINCIPALES RESULTADOS

CATEGORÍAS	2.º de BUP	8.º EGB
1. Concepción de la oxidación del hierro como cambio químico.		
1.1. Noción global correcta de la oxidación basada en la no conservación de las sustancias.	50%	26,9%
1.2. Concepciones que consideran la conservación de las sustancias.		
1.2.1. Oxidación como desgaste físico o simple cambio de propiedades externas.	1,9%	30,8%
1.2.2. Oxidación como mezcla con oxígeno o agua.	5,8%	7,8%
1.2.3. Otras, basadas, habitualmente en la expresión: "sigue siendo hierro".	17,3%	34,6%
1.2.4. No clasificables o en blanco	13,0%	0%
2. Papel del oxígeno.		
2.1. Interviene siempre, bien combinándose químicamente o mezclándose.	53,8%	38,5%
2.2. Es un agente externo que "permite" la combustión, pero no participa como reacción.	15,4%	42,3%
2.3. No clasificables o en blanco.	30,8%	19,2%
3. Conservación de la masa.		
3.1. Se contempla, al admitir la naturaleza material del oxígeno.	48,1%	19,2%
3.2. Se admite, pero precisamente por considerar que no hay una verdadera transformación.	7,7%	11,5%
3.3. No se admite debido a que no se reconoce la naturaleza material de los gases.	1,9%	0%
3.4. No se admite debido a que se reconoce, de algún modo, la pérdida de materia.	9,6%	42,3%
3.5. No se admite debido a que se considera que el calor posee masa.	0%	3,8%
3.4. No clasificables o en blanco.	32,7%	23,2%
4. Interpretación del ascenso del nivel del agua en el tubo de ensayo.		
4.1. Disminución de presión en el tubo.	0%	11,5%
4.2. Concepción correcta basada en el papel del oxígeno y en la composición del aire.	26,9%	26,9%
4.3. Otras concepciones: atracción, formación de más agua, etc.	7,7%	42,3%
4.3. No clasificables o en blanco.	65,4%	19,3%
4.4. Existencia de un límite en la reacción.		
4.4.1. Sí existe límite.	21,2%	23,1%
4.4.2. Continuaría indefinidamente la reacción.	13,5%	34,6%
4.5. No clasificables o en blanco.	65,3%	42,3%

b) Cuestiones objetivas (verdadero/falso)

Texto de la pregunta	respuesta correcta	% correctas (8.º EGB)	% correctas (2.º BUP)
1. La combustión de la gasolina es un fenómeno físico ya que obtenemos gases a partir de un líquido.	F	7,7%	71,1%
2. El cloruro de sodio no es una mezcla de cloro y sodio, por lo tanto sus propiedades pueden ser completamente distintas a las del cloro y a las del sodio.	V	19,2%	71,1%
3. Un compuesto químico está formado siempre por átomos de diferentes elementos.	V	84,6%	88,5%
4. Cuando el alcohol etílico (C_2H_6O) se evapora, los átomos de estos elementos se separan, obteniendo así, independientemente, los elementos carbono, hidrógeno y oxígeno.	F	15,4%	59,6%
5. El H_2 es un compuesto ya que su molécula tiene dos átomos.	F	61,5%	84,6%
6. Cuando una sustancia se difunde en el aire (por ejemplo, cuando olemos amoníaco a una cierta distancia de un frasco destapado) dicha sustancia se combina químicamente con algún componente del aire.	F	19,2%	36,5%
7. Cuando el hierro se oxida aparecen elementos químicos nuevos, ya que las propiedades de la sustancia formada son diferentes de las del hierro y el oxígeno.	F	30,8%	38,5%
8. El compuesto cloruro de sodio ($NaCl$) no está formado por moléculas.	V	53,8%	38,5%
9. El óxido de magnesio (MgO) tendrá propiedades intermedias entre las del magnesio y las del oxígeno ya que dicha sustancia no es más que una mezcla de ambos elementos.	F	30,8%	40,4%
10. Una de las principales diferencias entre una mezcla y un compuesto químico es que los elementos entran a formar parte de los compuestos en una proporción fija mientras que los componentes de una mezcla no.	V	80,8%	80,8%
11. Cuando el azúcar se disuelve en agua se forma una sustancia nueva, diferente del azúcar y del agua, que es transparente y de sabor dulce característico.	F	11,5%	23,1%
12. Todo fenómeno en el que haya un desprendimiento de energía en forma de luz y calor es siempre un cambio químico.	F	19,2%	21,2%
13. Cuando un pedazo de hierro se oxida, combinándose químicamente con el oxígeno del aire, tiene una masa mayor que antes de oxidarse. Este hecho puede explicarse teniendo en cuenta que el oxígeno del aire también tiene masa.	V	76,9%	36,5%
14. Cuando la piedra caliza (carbonato de calcio) se calienta fuertemente, se descompone obteniéndose un sólido (óxido de calcio) y un gas (dióxido de carbono). Al calentar 100 g de carbonato de calcio obtendremos una masa menor de 100 g, ya que uno de los productos obtenidos es un gas.	F	30,7%	36,5%
15. Cuando quemamos alcohol éste se evapora, pues si condensamos los gases producidos volveríamos a obtener alcohol.	F	34,6%	57,7%

4. COMENTARIO DE LOS RESULTADOS

El primer rasgo que cabe destacar es la profunda semejanza cualitativa que los resultados obtenidos guardan en relación a muchas otras investigaciones realizadas en contextos educativos diferentes sobre el mismo tema (Lloréns, J.A., 1987). Es importante señalar también que aquellos otros ítems de la prueba en que cabía relacionar los contenidos académicos con ejemplos de la vida cotidiana, éstos tampoco son excesivamente peculiares, a excepción de algunas escasas referencias a temas agrícolas que no aparecen cuando los alumnos investigados proceden de un medio urbano.

También es conveniente destacar el importante avance que se observa entre 8.º de EGB y 2.º de BUP en relación al concepto de cambio químico, sobre todo en lo que respecta a la interpretación de la combustión. Pese a que sigue asociándose por muchos alumnos la combustión de sólidos a "destrucciones irreversibles", la de líquidos a la evaporación y la de gases a la simple desaparición o "conversión" en calor. Ello muestra que para un núcleo significativo de los alumnos investigados los conocimientos de Química recibidos en 8.º fueron eficaces.

Matizando algo más los resultados obtenidos es importante puntualizar la menor comprensión del cambio químico en términos del modelo atómico-molecular que en sus aspectos macroscópicos.

Por otra parte, las distinciones mezcla-compuesta y sustancia pura-elemento tampoco alcanzan un nivel excesivamente satisfactorio, aunque en algunos aspectos se sitúa por encima de lo que a través de otras investigaciones se alcanza tras la finalización de 2.º de BUP. Lo mismo puede comentarse acerca de la distinción entre cambio físico y químico, que en algunos casos -confusión con la incandescencia o los procesos de disolución- presenta dificultades similares en los dos cursos investigados.

5. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS PARA EL ENFOQUE DIDÁCTICO DE LAS CONCEPCIONES ALTERNATIVAS

Evidenciar la existencia de las ideas alternativas, tal como hemos hecho a través de los cuestionarios anteriores, y rastrear su origen ha sido, sin duda, un importante logro de la investigación educativa, pero ello no nos resuelve el problema. Como profesores nos preguntamos entonces ¿Qué hacer entonces con estas ideas? Discutamos las diversas respuestas que de un modo más o menos nítido se han dado desde la práctica y la investigación educativa.

a) Ignorar dichas ideas alternativas

Sería cometer un doble error: por una parte perderíamos su faceta positiva, ya que, aunque se trata de ideas incompletas, erróneas muchas veces, también pueden constituir una aproximación a las ideas científicas, conteniendo aspectos válidos que sirven como base para seguir trabajando. Por otra, su interferencia con el conocimiento escolar será, tal vez, un obstáculo persistente y de imprevisibles consecuencias sobre el aprendizaje.

b) "Vacunar" a los alumnos frente a ellas

También suele ser bastante ineficaz formular afirmaciones como la siguiente: "Hay alumnos como vosotros que creen que los gases no pesan.... pues bien, eso no es correcto, hay sólidas razones teóricas y experimentales..." que encuentran la mente del alumno ocupada, probablemente, por asuntos que le son más gratos e interesantes que la naturaleza de algo tan escurridizo como los gases.

c) Someterlas a conflicto

Desde la experiencia docente se hace alusión repetidamente a la debilidad intrínseca de esta estrategia, la cual ha sido y es —en el terreno práctico del diseño de actividades— una estrategia defendida dentro de la concepción del aprendizaje como cambio conceptual. A veces, no es más que una variante más sutil de b) y, aunque puede ser útil en ocasiones, no nos ofrece garantías de un aprendizaje sólido y persistente: ni siquiera las mismas teorías avanzan porque consigan mostrar la falsedad de las anteriores, ya que las ideas científicas avanzan más por su carácter progresivo, por su capacidad de abrir nuevas expectativas y caminos a la investigación que por la constatación de las insuficiencias y errores de las anteriores. De un modo similar, sería ingenuo suponer que nuestros alumnos van a sustituir ideas que les son útiles —al menos, suficientes— cuando abordan problemas cotidianos que les interesan, por otras ideas que sólo son útiles en el contexto escolar (lo cual lleva, en la práctica, a que el alumno simplemente reproduzca las ideas científicas en aras del éxito escolar, pero no someta a revisión las que utiliza en el contexto cotidiano). Esta estrategia puede además ser percibida por los alumnos como una simple trampa intelectual. Como muy bien puntualizan Gil, D. et al. (1992): *"¿qué sentido tiene hacer que los alumnos expliciten y afiancen sus ideas para seguidamente cuestionarlas? ¿cómo no ver en ello un artificio que aleja la situación de lo que constituye la construcción de conocimientos? Esa construcción nunca se plantea para cuestionar ideas, para provocar cambios conceptuales, sino como resultado de las investigaciones realizadas para resolver problemas de interés"*.

El siguiente ejemplo es la transcripción de la discusión entre un alumno y el profesor acerca de la combustión del alcohol. Como ya hemos apreciado, este proceso es confundido por una importante proporción de alumnos con la evaporación, admitiendo incluso que el alcohol puede recuperarse enfriando los productos de la combustión. Sin embargo, la combustión de productos sólidos se considera, una "destrucción irreversible", idea próxima a un primer concepto de cambio químico. Al final del diálogo puede observarse como la estrategia del conflicto lleva muchas veces a un callejón sin otra salida que la aceptación, sin más, de lo transmitido por el profesor.

(los alumnos observan la combustión de un poco de alcohol en un plato)

profesor: "¿Qué le está ocurriendo al alcohol?"

alumno: "Es como el agua...¿no?. Al calentarse se hace vapor"

profesor: "¿se podría recuperar al alcohol fácilmente?"

alumno: "Sí. Poniendo una campana arriba y cae otra vez...pero no tendrá las mismas propiedades"

profesor: "¿por qué?"

alumno: "El alcohol, la fuerza que tiene, al calentarse se habrá disuelto y luego, al calentarse sólo quedaría agua"

profesor: "Entonces ¿el alcohol se transforma en agua?"

alumno: "sí"

(el profesor quema un papel, mostrando las cenizas obtenidas e indicando que se va a seguir intentando profundizar en la naturaleza de la combustión)

profesor: "Cuando quemamos papel...lo que queda ¿es papel?"

alumno: "es ceniza, ya no es papel"

profesor: "¿Qué ha ocurrido pues?"

alumno: "He hecho combustión y ha cambiado de propiedades...el papel ha dejado de ser papel"

profesor: "y lo que ocurrió al alcohol ¿es parecido?"

alumno: "sí"

profesor: "¿y a lo que ocurre en la ebullición del agua?"

alumno: "No. Al calentarse se vuelve a obtener agua. En cambio, en el alcohol, se ha cambiado de propiedades..."

profesor: "¿pero sigue siendo alcohol?"

alumno: "sí"

profesor: "¿y en el caso del papel?"

alumno: "ya no es papel"

profesor: "¿entonces...?"

alumno: "el alcohol se convierte en agua, pero agua de alcohol?"

Es interesante observar en este diálogo cómo el conflicto creado no da ningún fruto, pues la ausencia del concepto de sustancia pura como material con unas propiedades características definidas, que se conserva en las transformaciones físicas, pero que cambia en las químicas, bloquea cualquier posibilidad de progreso, dando lugar a que el alumno intente zanjear la conversación aludiendo a una improvisada "agua de alcohol".

Las estrategias que hemos citado anteriormente, pese a ser útiles en determinadas ocasiones, adolecen de un problema: tratan de hacer frente a la existencia de ideas ya elaboradas, pero no inciden en las causas, en aquellos rasgos del pensamiento de los adolescentes que subyacen en tales ideas. El problema ya no sería entonces producir cambios conceptuales puntuales frente a tales o cuales ideas, sino cambiar los métodos y actitudes que se hallan en el origen de tales conceptos. El intento de lograr este objetivo se concretaría en una estrategia encaminada a suscitar situaciones problemáticas, significativas para el alumno y potencialmente ricas, es decir, que su resolución implique avances en el conocimiento. Se trata, en definitiva, de *sustituir la noción de conflicto por la de problema abierto*, con una connotación, más de reto, de futuro logro, que de "insatisfacción con las propias ideas", de aprender a evaluar hipótesis alternativas desde una prudente autoestima que de cuestionarse las propias desde una conciencia de incapacidad y sobre todo, de considerar que *el cambio conceptual no acaba con la sustitución de las viejas concepciones, sino con la utilización de las nuevas*.

Volviendo al ejemplo de la combustión, tal vez su misma presentación en un contexto meramente escolar constituya un obstáculo. Si este concepto lo enmarcamos

en una situación problemática como, por ejemplo, el impacto de los medios de transporte en la contaminación atmosférica, podemos diseñar el hilo conductor de una secuencia de actividades así:

¿todos los medios de transporte contaminan? ¿cuáles?
¿por qué contaminan los que utilizan motores de explosión?
¿que productos se emiten a la atmósfera durante el funcionamiento de estos motores?
¿son los combustibles utilizados un recurso inagotable?
¿cómo podemos contribuir a que disminuya tal tipo de contaminación?

La correspondiente secuencia de actividades daría lugar a:

- la introducción de un ejemplo de combustión fácil de relacionar con muchos otros procesos de combustión en los que intervienen combustibles muy diversos y todos ellos familiares a los alumnos: fuel-oil de calefacción, butano y propano en usos domésticos, carbón en las centrales térmicas.
- la necesidad de obtener información que muestre de manera justificada cómo los productos de la combustión son sustancias diferentes a la gasolina y que ésta, por tanto —como el resto de combustibles— no es un recurso renovable. Asimismo, y como algo relacionado con el propio funcionamiento de los motores, surge también la necesidad de conocer el papel del aire en la combustión.
- la comprensión de las relaciones ciencia-técnica-sociedad implicadas en el estudio de la mayoría de los procesos físicos y químicos, apreciando cómo la actividad científica y técnica es guiada por objetivos que van más allá del puro ámbito de los laboratorios.

Nótese que en el marco de esta secuencia de actividades adquiere sentido el proponer un estudio a nivel de laboratorio de la combustión del alcohol (al fin y al cabo, un combustible más, sólo que fácilmente manejable) en el cuál el objetivo esencial ya no es tratar de ver si confunden evaporación con combustión sino dar respuesta a los problemas planteados. La actividad ya no estaría entonces diseñada para favorecer el afloramiento de las concepciones alternativas (simple observación del alcohol ardiendo en un plato) sino que, partiendo ya de la hipótesis previamente formulada de la intervención del aire, la actividad iría ya encaminada al estudio de la combustión en un sistema cerrado (un frasco de vidrio boca abajo, por ejemplo).

En general, la aplicación de todas estas ideas al diseño de programas de actividades requiere, a nuestro juicio, un *conjunto de condiciones para dichas situaciones problemáticas*, concretamente:

- Situar en un nivel de dificultad tal que *el alumno posea recursos para enfrentarse a él pero donde la solución requiera la necesidad de manejar nuevas ideas transferidas a través del trabajo colectivo*, incluyendo en éste, obviamente, las aportaciones del profesor.

- Deben constituir el *nexo entre formulaciones teóricas cualitativamente distintas, de modo que representen un avance conceptual* por tanto deben implicar procesos de creciente complejidad metodológica. Detengámonos en esta cuestión:

La propia noción de actividad problemática cuestiona ya, de entrada, la concepción que en ocasiones tenemos acerca de la naturaleza del conocimiento científico. Acostumbrados a pensar en términos de "verdadero/falso", consideramos el concepto científico como algo estático y acabado, con una definición unívoca y con un lugar único en el proceso de desarrollo conceptual de la asignatura: cada idea aparece en el lugar y momento oportuno y expresada de la manera oportuna. Por otra parte, el aprendizaje de los alumnos tampoco es la adquisición, sin más, de conocimientos ya elaborados, sino, muchas veces, un complejo proceso de transformación y enriquecimiento de sus propias ideas. En primer lugar, hemos de ser conscientes de que, generalmente, los conceptos científicos –y sobre todo aquellos más fundamentales– poseen diversos niveles de formulación que se corresponden a sucesivas etapas en el desarrollo teórico de la disciplina (y, en consecuencia, reflejan también el proceso histórico de su construcción). Identificar aquellas situaciones problemáticas, aquellas insuficiencias que dan lugar a la sucesión de las citadas etapas y convertirlas en actividades que promuevan la reflexión del alumno acerca de sus propias ideas, puede ser un camino más satisfactorio.

Este es, tal vez, uno de los puntos más delicados de la transferencia al aula de los principios constructivistas: hemos pasado de la época en que el alumno lo podía aprender todo, a pensar que el alumno no puede aprender nada, porque todo está más allá de sus posibilidades intelectuales. Aún a riesgo de pecar de malintencionados, creemos que esto último suele darse en profesorado que procedente del academicismo más duro se ha convertido a la fe constructivista. Ilustremos estas ideas, una vez más, con ejemplos:

Evidentemente, el concepto de aceleración como derivada segunda del espacio respecto del tiempo es bastante inasequible en ciertos niveles, pero todo alumno que haya subido alguna vez a ciertas atracciones de la feria posee un concepto intuitivo de aceleración, una primera formulación ligada a una cultura cotidiana y vivencial. Entre una y otra formulación del concepto hay todo un camino que debe ser recorrido mediante el planteamiento y resolución de situaciones problemáticas de progresiva complejidad.

El concepto de reacción química es bien ilustrativo en este sentido. Recordando lo anteriormente discutido acerca de la noción previa de "material", los alumnos, desde una visión de la realidad puramente basada en la cultura cotidiana, son capaces de reconocer procesos en los que un material determinada deja de serlo, *transformaciones en las que tiene lugar una destrucción irreversible*, (a las que ya hicimos referencia al comentar las ideas de los alumnos sobre la combustión del alcohol) frente a otros procesos –como la solidificación y posterior fusión, mezclar agua y sal y separar esta última evaporando el agua, etc.– donde es relativamente sencillo volver a la situación inicial. Esta adquisición supone un primer eslabón en la construcción del concepto. Más tarde, cuando el alumno es capaz de estudiar la realidad desde una visión macroscópica, pero descrita a partir de conceptos científicos: volumen, temperatura, masa, presión, etc. es capaz de utilizar la noción de sustancia pura como

material que posee unos determinados valores de sus propiedades características, en unas ciertas condiciones. Por ejemplo, el agua pura puede identificarse porque, a la presión atmosférica, funde a 0 °C y hierve a 100 °C. De esta manera, *reacción química será aquel proceso donde hay un cambio en la naturaleza de las sustancias, apareciendo sustancias nuevas con propiedades características diferentes.*

Cuando llegamos a una visión de la materia basada en la teoría atómica, introduciendo los conceptos de átomo y elemento químico, *reacción química es un proceso en el que se produce una reagrupación de los átomos de los diferentes elementos químicos que intervienen.*

Si continuamos profundizando en la teoría atómica, considerando la estructura de los átomos que intervienen, podemos ampliar nuestro concepto de reacción química señalando *que se trata de un proceso de ruptura y formación de nuevos enlaces.*

Esta discusión tiene importantes consecuencias en una visión constructivista del aprendizaje de conceptos: por una parte, la secuenciación cuidadosa es una exigencia intrínsecamente ligada a la propia naturaleza evolutiva de los conceptos; por otra, tan importante es no precipitarnos en la introducción de sus formulaciones más complejas, como no renunciar a introducir, en el momento oportuno, aquellas nuevas ideas que pueden ayudar a avanzar a nuestros alumnos.

- Deben mostrar claramente en su planteamiento a qué *objetivo general*, a qué *cambio de aspiraciones de la comunidad científica y de la sociedad en general* respondió la resolución del problema.
- Debe implicar al alumno una *toma de conciencia –responsabilidad– del alumno a través del desarrollo de actitudes*, enmarcando debidamente el problema en su contexto social e histórico, y de la presencia de actividades encaminadas a promover la reflexión del alumno acerca de su propio aprendizaje. En este sentido, el conocimiento profundo del medio físico y cultural del alumno es una exigencia ineludible a la hora de determinar estas "situaciones problemáticas" a través de las cuáles desarrollar los contenidos escolares. Tal vez, la unidad geográfica y política que que mejor representa la identidad de dicho medio físico y cultural es la comarca.

Por último, y sobre todo:

- Que sean situaciones *que los alumnos, desde su concepción de la realidad y desde su nivel de maduración cognitiva puedan percibir realmente como problemáticas*. Así, por ejemplo, creemos que conciliar la permanencia y el cambio, la conservación y las transformaciones es un problema esencial y de gran poder estructurante en el desarrollo de las ideas científicas, pero que enunciado de esta manera no puede ser percibido como un problema significativo por una adolescente; sin embargo, el por qué unos materiales son sustituidos por otros a lo largo de la Historia en determinados usos prácticos, también puede ser un buen eje para estructurar contenidos y puede ser, como problema, mucho más accesible.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos hacer patente nuestro agradecimiento a los profesores y alumnos del C.P. "Nuestra Sra. del Pilar" de Monreal del Campo y del I.B. "Valle del Jiloca" de Calamocha por la participación en esta experiencia. Asimismo, hemos de hacer constar también el apoyo del Centro de Estudios del Jiloca a lo largo del proceso de elaboración de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSSON, R. D. 1985. Children's ability to formulate mental models to explain natural phenomena. *Journal of Research in Science Teaching* Vol. 3, 326-332.
- ANDERSSON, B. 1986. The experiential gestalt of causation: a common core to pupils' preconceptions in science. *European Journal of Science Education*. Vol. 8, n.º 2, 155-171.
- ASTOLFI, J. P., 1988. El aprendizaje de conceptos científicos: aspectos epistemológicos, cognitivos y lingüísticos. *Enseñanza de las ciencias*. Vol. 6, n.º 2, 147-155.
- BACHELARD, G. 1973. *Le pluralisme cohérent de la chimie moderne*. (París, 1930, 2.ª ed. Vrin).
- BACHELARD, G. 1976. *El materialismo racional*. (Paidós, Buenos Aires).
- BACHELARD, G. 1982. *La formación del espíritu científico*. (Ed. Siglo XXI, Madrid).
- BACHELARD, G. 1933. *Les intuitions atomistiques*. (Boivin, París).
- BENSAUDE, B. et al. 1982. *Resultats d'une enquete sur quelques vocables d'orientation scientifique*. LIREPT, E.N.S. Fontenay, E.N.S. St. Cloud.
- BEN ZVI, R. EYLON, B. y SILBERSTEIN, J. 1982. "A Study of Students Conceptions of Structure and Process". Department of Science Teaching. The Weizmann Institute of Science. Rehovot, Israel.
- BOYLE, R. 1985. *Física, Química y Filosofía Mecánica*. (Introducción, traducción y notas de Carlos Solís, Alianza Editorial, Madrid).
- CAAMAÑO, A. y otros. Consideración sobre algunos errores conceptuales en el aprendizaje de la Química. *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 1, n.º 3, 198-200.
- CAAMAÑO, A. 1984. La gramática del lenguaje científico (I y II). *Cuadernos de Pedagogía*, n.º 81-82, p. 68 y pp. 64-67.
- CARRASCOSA, J.; GIL, D. 1985. La "metodología de la superficialidad" y el aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. 1985, 113-120.
- CARRETTO, J. ET COLL. 1984. *Enquete par questionnaires sur quelque vocables d'orientation scientifique*. *Revue Française de Pédagogie*. N.º 68, 61-71.
- CASSELLS, J. R. T. 1976. *Language in Chemistry: The effect of some aspects of language on "O grade chemistry candidates"*. Unpublished M. S. Thesis. University of Glasgow.
- DRIVER, R. 1981. Pupil's Alternative Frameworks in Science. *European Journal of Science Education*. Vol. 3, n.º 1, 93-101.
- DRIVER, R. 1985. Students' Thinking and the Learning of Science: A Constructivist View. (*Submeed o School Science Review*).
- DRIVER, R. 1985. Beyond Appearances: The Conservation of Matter under Physical and Chemical Transformations. (In *Children's Ideas in Science*, Driver, R.; Guesne, E. and Tiberghien, A., Open University Press, Milton Keynes).
- DRIVER, R. 1986. Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 4, n.º 1, 3-15.

- DRIVER, R.; GUESNE, E. y TIBERGHEN, A. 1988. *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Ed. Morata, Madrid.
- FURIO, C. y HERNÁNDEZ, J. 1985. *La enseñanza de la teoría atómica como cambio conceptual y metodológico*. (Comunicación presentada al Ier Congreso Internacional sobre Didáctica de las ciencias y de las Matemáticas).
- FURIO, C. 1986. Un curriculum de Física y Química. *Papers d'Educació*. Noviembre 1986.
- GIL, D. y CARRASCOSA, J. 1985. Learning Science as Conceptual and Methodological Change. *Science Education*. Vol. 7, n.º 3.
- GIL, D. 1986. La metodología científica y la enseñanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las ciencias*. Vol. 4, n.º 2, 111-121.
- GIL, D. et al. 1992. *La Enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria*. ICE/HORSORI, Barcelona.
- GILBERT, J. K.; OSBORNE, R. J.; FENSHAM, P. J. 1982. Children's Science and its Consequences for Teaching. *Science Education* 66(4), 623-633.
- GILBERT, K. J.; WATTS, M. D. 1983. Conceptions, misconceptions and alternative conceptions: Changing perspectives in Science Education. *Studies in Science Education*. Vol. 10, 61-98.
- IZQUIERDO, M. 1988. La contribución de la teoría del flogisto a la estructuración actual de la ciencia química. Implicaciones didácticas. *Enseñanza de las ciencias*. Vol. 6, n.º 1, 67-74.
- LAVOISIER, A. L. 1984. *Tratado elemental de Química*. Ed. Alfaguara, Madrid. *Learning in Science Project*. 1982. University of Waikato. New Zealand.
- LLORENS, J. A. 1987. "Propuesta y aplicación de una metodología para analizar la adquisición de los conceptos químicos necesarios en la introducción a la teoría atómico-molecular: percepción de los hechos experimentales, sus representaciones y el uso del lenguaje en alumnos de Formación Profesional y Bachillerato". Tesis Doctoral no publicada. Universidad de Valencia.
- LLORENS, J. A. y otros. 1987. El uso de la terminología científica en los alumnos que comienzan el estudio de la Química en la Enseñanza Media. Una propuesta metodológica para su análisis. *Enseñanza de las ciencias*, 5(1), 33-40.
- LLORENS, J. A. y DE JAIME, C. 1987. El medio cultural y la formación de los conceptos científicos: una aproximación lingüística. *Infancia y Aprendizaje*, vol. 39-40, pp. 47-55.
- LLORENS, J. A. 1988. La concepción corpuscular de la materia. Obstáculos epistemológicos y problemas de aprendizaje. *Investigación en la escuela*, n.º 4, 33-48.
- LLORENS, J. A. y otros. 1989. La función del lenguaje en un enfoque constructivista del aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*. Vol. 7, n.º 2, 111-119.
- LLORENS, J.A. 1991. "Comenzando a aprender Química: ideas para el diseño curricular" Ed. Visor, Madrid.
- MARTINAND, J. L. et VIOVY, R. 1973. La notion d'élément chimique en classe de Séme. Difficulties, ressources et propositions. *Bulletin de l'Union des Physiciens*. N.º 613. 878-884.
- MARTINAND, J. L. 1985. *Le concept d'élément chimique dans l'initiation aux sciences physiques*. Thèse d'Etat.
- MEHEUT, M. 1985. Pupil's (11-12 year olds) conceptions of combustion. *European Journal of Science Education*. Vol. 7, n.º 1, 83-93.
- NOVICK, S. and NUSSBAUM, J. 1978. Junior High School Pupil's Understanding of the Particulate Nature of Matter: An Interview Study. *Science Education*. Vol. 68, n.º 3. 273-281.
- NOVICK, S. and NUSSBAUM, J. 1981. Pupil's Understanding of the Particulate Nature of Matter: A Cross-Age Study. *Science Education*. 65(2), 187-196.

- OSBORNE, R. J. and WITTRICK, M. C. 1983. *Learning Science: A Generative Process*. *Science Education*. 67(4): 489-508.
- OSBORNE, R. J. and COSGROVE, M. 1983. Children's conceptions of the change of state of water. *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 20, n.º 9, 211-227.
- OSBORNE, R. and WITTRICK, M. 1985. The Generative Learning Model and its Implications for Sciences Education. *Studies in Science Education*. 12. 59-87.
- OSBORNE, R. and FREYBERG, P. (Eds.) 1985. *Learning in Science: the implications of children's science*. Heinemann Educational Books.
- PFUNDT, H. 1981. *Pre-instructional Conceptions About Substances and Transformations of Substances*. (International Workshop: Problems Concerning student's representation of Physics and Chemistry Knowledge. Pädagogische Hochschule Ludwigsburg).
- PFUNDT, H. 1981. Das Atom - Letztes Teilungsstück Oder Erster Aufbaustein? *Chimica Didactica* 7, 75-94.
- PFUNDT, H. 1982. Vorunterrichtliche Vorstellungen von stofflicher Veränderung. *Chimica Didactica*. 8, 161-180.
- POSNER, G. J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W.; GERTZOG, W. A. 1982. Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*. 66(2), 211-227.
- POZO, J. I. et al. 1991. "Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la Química" C.I.D.E. Madrid.
- POZO, J.I. et al. 1992. "Las ideas de los alumnos sobre la ciencia como teorías implícitas" *Infancia y Aprendizaje*, 57, 3-22.
- RECERCA, GRUP. 1982. Proyecto Faraday. ICE. Univ. Aut. Barcelona.
- ROSS, KEITH, 1991. "Burning: a constructive not a destructive process" *SSR*, 72(251)
- SANMARTI, N. 1989. "Dificultats en la comprensió de la diferenciació entre els conceptes de mescla i compost". Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.
- SCHOLLUM, B. 1981. *Reactions*. Working paper, n.º 37. Learning in Science Project, Univ. de Waikato, Nueva Zelanda.
- SHAYER, M. and ADEY, P. 1984. *La Ciencia de enseñar ciencias*. (Narcea, Madrid).
- SOLOMINOUDOU, C. y STAVRIDOU, H. 1987. *A propos de la distinction entre phenomene physique et phenomene chimique*. Actas JES, Chamonix (Francia), 1987.
- SOLOMON, J. 1987. Social Influences on the Construction of Pupil's Understanding of Science. *Studies in Science Education*, 14, 63-82.
- STAVY, R. 1985. "Children's Ideas about "Solid" and "Liquid". *European Journal of Science Education*. Vol. 7, n.º 4, 407-421.
- VOGELEZANG, M.J. 1987. "Development of the concept "chemical substance": some thoughts and arguments" *International Journal of Science Education*. Vol. 9, n.º 5, 519-528.