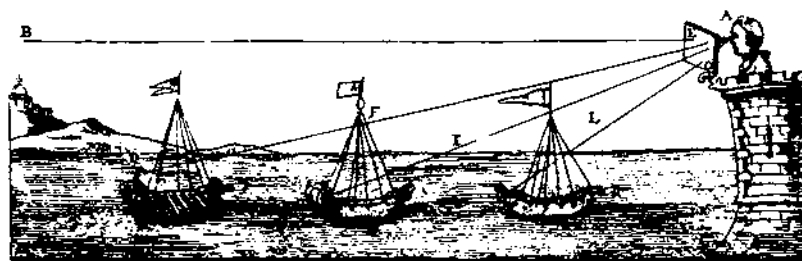


# INVESTIGACION



## Y EXPERIENCIAS DIDACTICAS

---

### OPINIONES DE LOS ADOLESCENTES RESPECTO DEL CAMBIO SUSTANCIAL EN LAS REACCIONES QUIMICAS

CARBONELL, F. y FURIO, C. J.  
Institut de B. «Figueras Pacheco» de Alicante.  
Servei de Formació Permanent. Universitat de València.

---

#### SUMMARY

This paper deals with the problem of what our students, aged 13-18, think about the non-permanence of *reactives* in two familiar chemical processes and the conceptual interpretations put forward by students before an elementary chemical reaction.

---

#### INTRODUCCION

La enseñanza-aprendizaje del concepto de reacción química no es nada fácil, sobre todo si no se tienen en cuenta los pensamientos de los alumnos. La bibliografía reciente muestra las dificultades incluso en conoci-

mientos que son prerequisites para aprender aquel concepto. Entre estas ideas de los alumnos encontraremos la aceptación de una representación continua de la materia (Pfundt, 1981), muy poca apropiación del

modelo de partículas de la materia (Driver et al, 1985) o la no aceptación de los gases como materia que interviene en los procesos físico-químicos (Furió et al, 1985). Es por eso que los investigadores están interesados en buscar estrategias para enseñar el modelo atómico, que no parece tan elemental de aprender significativamente (Martinand, 1986).

En este sentido, el trabajo que se presenta aborda el problema de lo que opinan los alumnos de 13 a 18 años respecto del concepto de reacción química en dos direcciones. En primer lugar, ver cuáles son las opiniones de los alumnos cuando se les enfrenta a un proceso químico respecto a la permanencia o la pérdida de identidad de las sustancias que reaccionan. Este punto será complementado, posteriormente, con las interpretaciones conceptuales que dan a algún cambio químico elemental, motivo de la segunda dirección a estudiar.

## 1. EMISION Y FUNDAMENTACION DE LA HIPOTESIS

Es bien conocido en la bibliografía científica que los esquemas conceptuales alternativos más persistentes en los adolescentes son debidos a su experiencia cotidiana, mientras que aquellos derivados de una transmisión lingüística son más fluidos e inestables (Driver y Erickson, 1983). Según nuestra opinión, las concepciones sobre los cambios químicos por parte del niño deben pertenecer más al segundo tipo citado antes y no se espera encontrar ideas universales, fuertemente enraizadas, que puedan suponer verdaderas barreras epistemológicas en su aprendizaje, como pueden ser los esquemas conceptuales sobre el comportamiento mecánico de la materia (Carrascosa y Gil, 1986). Así pues, las ideas que tengan los estudiantes sobre el cambio sustancial en las reacciones químicas —primer requisito para poder aprender el concepto de proceso químico— y su interpretación conceptual estarán basadas, fundamentalmente, en la incidencia que hayan tenido los currícula escolares en aquellos. Ahora bien, una presentación didáctica inadecuada del cuerpo teórico en este dominio en que, a menudo, se mezcla la presentación de los hechos químicos con las ideas que los interpretan, junto al uso de una metodología de la superficialidad por parte del alumnado (y del profesorado), harán que las concepciones adquiridas se encuentren ligadas a su estructura cognitiva de forma débil y serán motivo de la existencia de confusiones a la hora de interpretar cualquier proceso químico por elemental que sea.

Más concretamente, los alumnos, basándose en la observación cualitativa de los cambios drásticos de propiedades (aspecto, color, olor, formación de gases, etc...), extraerán conclusiones rápidas sobre la no permanencia de las sustancias en procesos químicos, aunque no les sean familiares (Hall, 1976) y también asumirán, de forma genérica, la permanencia de sustan-

cias en cambios físicos aunque se puedan presentar otros puntos de vista (Osborne y Cosgrove, 1983). La influencia curricular sobre estas concepciones, la notaremos cuanto mayor sea el número de cursos de química recibidos; al propio tiempo pensamos que la permanencia de la sustancia en cambios físicos estará más asumida en los adolescentes que la no permanencia en los químicos, gracias a la fácil comprobación sensible de que la sustancia obtenida en los primeros es la misma, cosa que no es posible aventurar en los segundos cambios. No obstante, cuando se pase a ver las interpretaciones conceptuales de los cambios químicos que tienen los alumnos que han recibido una enseñanza «superficial» de la química, se notarán transferencias negativas y generalizaciones acríicas al aplicar indebidamente su experiencia escolar.

En definitiva, de la hipótesis expresada en el sentido de que las opiniones sobre las reacciones químicas estarán influidas por la transmisión curricular, se derivan las siguientes implicaciones que queremos contrastar:

1. La asunción de los adolescentes en lo que se refiere a la idea de reacción química como cambio sustancial dependerá de los currícula. Es decir, en alumnado avanzado en química se notará una mejora en esta percepción respecto a alumnos de niveles más bajos. Sin embargo, estas opiniones sobre la no permanencia de sustancias en el proceso químico estará menos asumida que la de la permanencia en cambios físicos.
2. Las interpretaciones conceptuales que sobre una reacción química elemental hagan los alumnos, incluyendo a los estudiantes de química, tendrán mayoritariamente graves insuficiencias y, en particular, las derivadas de la aplicación inadecuada de ideas transmitidas en los currícula.

## 2. DISEÑOS EXPERIMENTALES

Como se trata, en la primera parte del trabajo, de ver la incidencia de los currícula en la asimilación de los cambios físicos y químicos, se nos ocurrió encuestar muestras de 30-40 alumnos desde 7º de EGB hasta Química de COU. Hasta 2º de BUP inclusive, los alumnos encuestados prácticamente no habían dado Química a excepción de la poca que se había podido recibir en 8º de EGB; en cambio, los de 3º y COU sí la habían recibido. Los cambios físicos y químicos a encuesta habrían de ser lo más familiares posibles y tener, desde el punto de vista perceptivo, el mismo estado inicial (líquido) y final (gases). Por esa razón elegimos la vaporización del agua y del alcohol como cambios reversibles y la descomposición del agua y la combustión del alcohol como reacciones. Con tal fin se preparó un cuestionario de opción múltiple ad hoc, en el que las preguntas tuvieran como distractores, contestaciones exclusivas y excluyentes, es decir, contuvieran la afirmación de que no se obtiene nada material o sí

que se obtiene y, en este último caso, habrían dos opciones sobre la permanencia o no de la sustancia primitiva. También se incluyó la contestación «No lo sé» para evitar la aleatoriedad en la respuesta, así como otro apartado («Otra respuesta») por si querían contestar de manera diferente. Un ejemplo de pregunta propuesta se muestra en el apéndice 1.

Para contrastar la influencia positiva de los currícula se representarán los porcentajes obtenidos en cada opción frente al curso, con lo cual se debe observar una inflexión importante en los alumnos de 3º y COU, en particular en la asunción de la no permanencia en los cambios químicos. Para ver que los errores cometidos en los cambios químicos eran superiores a los de los físicos citados se representarán los porcentajes de respuestas incorrectas frente al curso. Como se presentan dos ejemplos por cada tipo de cambio, se considera que el alumno no tiene asumido la permanencia en el físico y la no permanencia en el químico cuando falle en los dos o en alguno de los dos ejemplos.

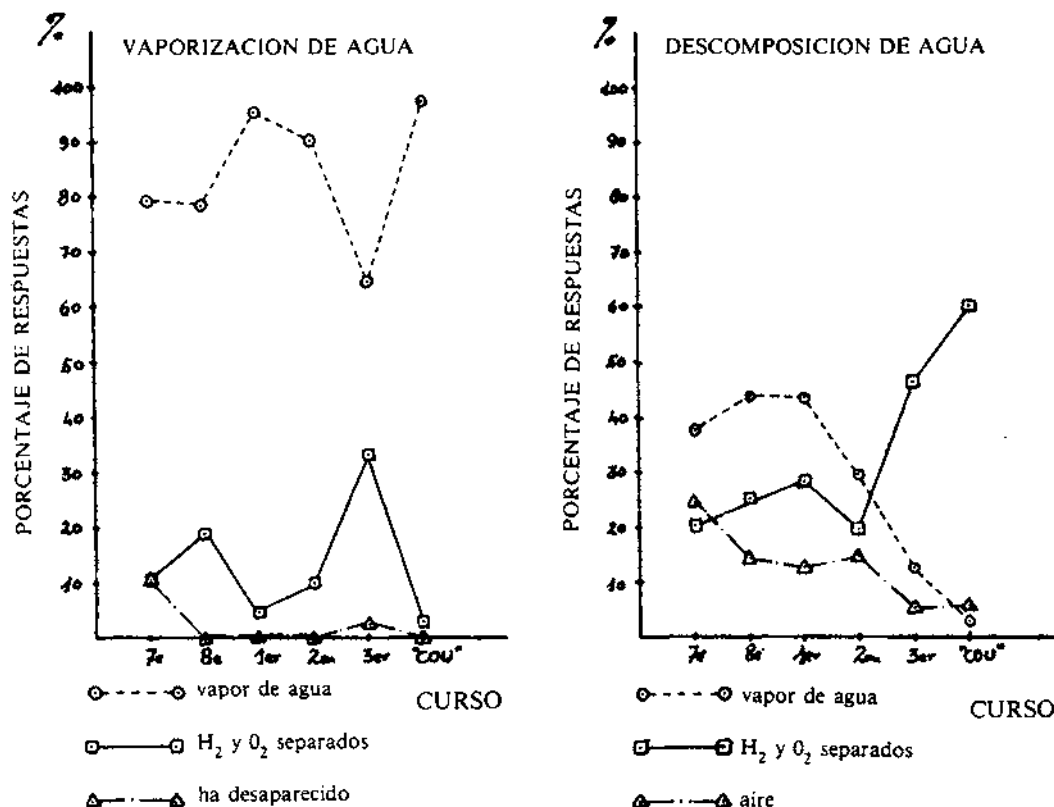
Con tal de extraer las interpretaciones de los alumnos que habían dado química, motivo de la segunda vertiente del trabajo, se seleccionaron de una clase de 3º, 13 alumnos pertenecientes al tercio superior en cuanto a notas obtenidas en el curso. Cada uno de ellos quemó, primeramente, cinta de magnesio en el laboratorio y después se les requería contestación a una pre-

gunta abierta donde figuraban explícitamente los postulados de Dalton para que los aplicase a la interpretación del experimento. Este tipo de cuestión es similar a las utilizadas por otros autores (Driver et al, 1985) y figura en el apéndice 2. Una vez obtenidas las redacciones, categorizamos las respuestas en correctas o parcialmente correctas e incorrectas, así como se analizaron las insuficiencias mostradas en estas últimas contestaciones. El criterio usado para la corrección de la respuesta será el reconocimiento de la intervención de las dos sustancias reaccionantes en forma de átomos o moléculas de oxígeno y de átomos de magnesio, respectivamente, y la del producto único (óxido de magnesio), así como la interpretación de la reacción como nueva distribución de átomos. Se admiten como parcialmente correctas todas aquellas respuestas que presenten fórmulas moleculares para el óxido o que se equivoquen en la composición atómica de aquella sustancia, como p.e.  $MgO_2$ .

### 3. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En la figura 1 se han representado los porcentajes de respuestas obtenidos en cada uno de los distractores por las muestras de alumnos, en la vaporización del agua y su descomposición electrolítica, frente al curso. En la figura 2 se ha hecho lo propio en la vaporiza-

figura 1



ción y combustión del alcohol. Puede observarse, de forma general, que en las vaporizaciones no existen muchas diferencias significativas a través de los cursos, si bien la permanencia del agua es más asumida que la del alcohol; es decir, el vapor del alcohol es «más espiritual» que el del agua según disminuye el nivel del curso. Pero, cuando se analizan los resultados en los cambios químicos se comprueba que a partir de 2º se pasa de una aceptación de la no permanencia del alcohol del 50%, de media aproximada en los cuatro primeros niveles, a un 72-77% en 3º y COU, respectivamente. Lo mismo ocurre en la descomposición electrolítica del agua, si bien en edades bajas la producción de burbujas es interpretada, en cuanto al funcionamiento de la cubeta, como el de un termo donde se calienta el agua; así se explica que se acepte mayoritariamente la permanencia. Los bajos porcentajes de no permanencia en la electrolisis del agua pueden ser debidos a que el proceso no resulta tan familiar para los alumnos encuestados. Así pues, como se indicaba en el apartado anterior, está clara la incidencia positiva de los currícula de química en las contestaciones obtenidas en estas muestras de alumnos como lo demuestran las inflexiones de las gráficas al llegar a los cursos elevados.

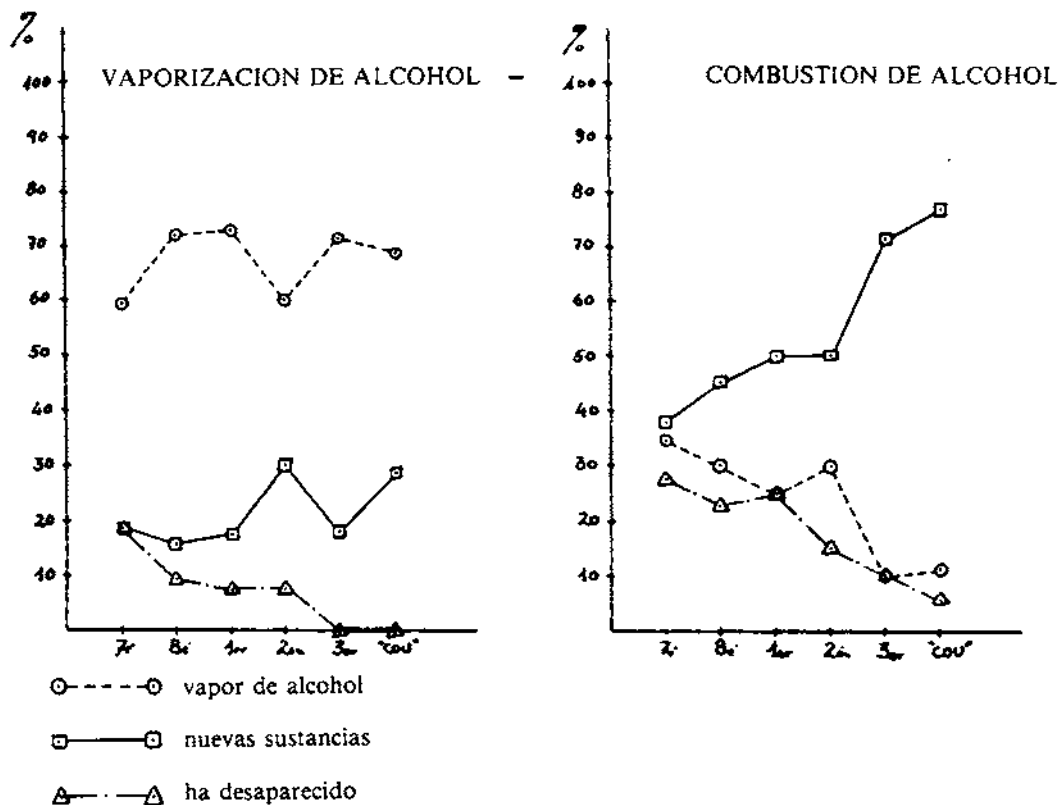
Por otra parte, en la tabla I se encuentran los porcentajes de las respuestas incorrectas (con su desviación estandard entre paréntesis) a alguno de los dos ejemplos utilizados en el caso de los cambios físicos y químicos en función del curso para ver mejor las posibles diferencias.

Tabla I  
Cambio substancial en dos procesos físicos y dos químicos

Porcentajes de respuestas equivocadas en alguna cuestión

Curso	7º	8º	1º	2º	3º	COU
N	30	32	40	40	39	35
Cambios físicos	48.2 (9.1)	51.4 (8.8)	50.0 (7.5)	48.8 (7.9)	42.6 (7.9)	31.4 (7.8)
Cambios químicos	89.6 (5.6)	80.0 (7.1)	85.0 (5.6)	82.9 (6.0)	81.5 (7.8)	42.9 (8.4)

figura 2



La figura 3, donde se han representado estos resultados, confirma nuestra predicción en el sentido que la no permanencia en los cambios químicos está mucho menos asumida que la permanencia en los físicos y sólo en los cursos elevados (3º y COU) disminuyen de manera significativa estas diferencias, coherentemente con el análisis anterior.

Los resultados obtenidos en la cuestión abierta relativa a las interpretaciones conceptuales de los 13 alumnos seleccionados de 3º sobre la oxidación del magnesio se encuentran en la tabla II, donde se han tabulado las respuestas correctas o parcialmente correctas, así como las incorrectas con explicitación de cuáles han sido los defectos fundamentales que se han encontrado.

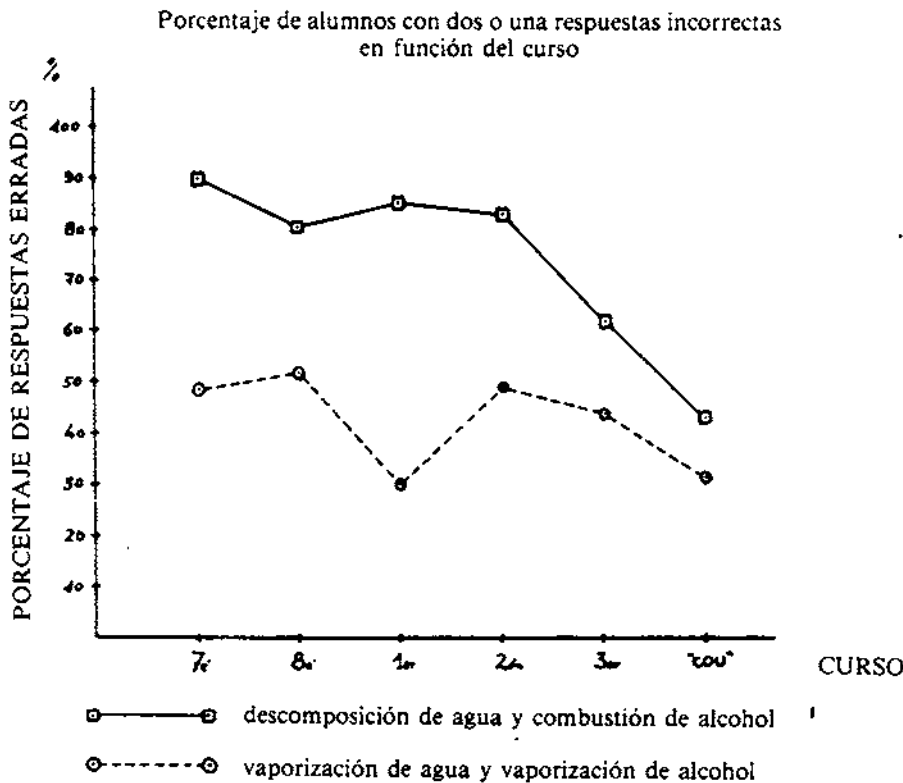
Como puede comprobarse las insuficiencias puestas de manifiesto en las contestaciones muestran la aplicación incorrecta de ideas transmitidas en los currícula, como p.e. la generalización realizada sobre el hecho de que cualquier combustión de sustancias orgánicas produce  $CO_2$  y vapor de agua, se ha extendido a esta reacción con la intención de explicar la producción de humos observada en la oxidación del magnesio, a pesar de que en la cuestión se indicaba expresamente que nada más se obtenía una nueva sustancia química. Esta fijación funcional fue corroborada por el profesor de química de estos alumnos al indicar que se había trabajado bastante sobre la estequiometría de combus-

tiones. Otra observación detectada en las redacciones de los alumnos ha sido la preocupación de la mayor parte de aquellos por explicar el cambio de aspecto operado en el producto, atribuyendo su aspecto pulverulento a la mayor separación de los átomos o de las «moléculas» de  $MgO$  en relación a la de los átomos de magnesio inicial.

Tabla II  
Interpretaciones conceptuales en la oxidación del magnesio

(N = 13)	
Número de contestaciones correctas o parcialmente correctas. . . . .	5
Número de contestaciones incorrectas . . . . .	8
P planteamientos inadecuados observados:	
-No intervención del oxígeno atmosférico . . . . .	4
(ni en dibujos ni en la redacción)	
-Intervención de la llama como reaccionante. . . . .	2
-El magnesio desprende $CO_2$ y agua o bien en la reacción se producen gases como $CO_2$ , $H_2O$ , etc. . . . .	5
-La reacción química es una separación de los átomos de magnesio. . . . .	1

figura 3



Estos resultados verifican las predicciones hechas en el sentido que la influencia curricular en la asimilación del concepto de reacción química es notable dada la inexistencia de concepciones fuertemente enraizadas. Ahora bien, una aprehensión poco significativa del concepto por parte del alumno puede generar transferencias negativas como las observadas en la interpretación de esta reacción elemental, de aquí la importancia de fundamentar posibles estrategias de enseñanza que mejoren el proceso de aprendizaje de la química.

Con toda la precaución derivada de las pequeñas muestras de alumnos consideradas que se pretenden ampliar en el futuro, podemos extraer como conclusión la necesidad de una enseñanza de la química basada en el cambio metodológico que tenga en cuenta las opiniones de los alumnos y que pueden ser puestas en acto mediante cuestiones como la descrita en la segunda parte del trabajo, de donde surgirán sus creencias y opiniones al interpretar los procesos químicos. Ante todo, el profesor ha de cambiar su mentalidad en cuanto a la valoración de los conocimientos químicos de sus alumnos, que se caracteriza, en muchos casos, por una manipulación operativa de las ecuaciones químicas, de los problemas-ejercicio, etc... sin darse cuenta que aquellos tienen una pobre comprensión de las transformaciones químicas.

APENDICE 1

Ejemplo de pregunta propuesta en el cuestionario

1. Se quema con una cerilla un poco de alcohol en un plato, hasta que no queda líquido.



- a) los gases producidos continuarán siendo el alcohol que había pero en estado gaseoso.
- b) los gases obtenidos serán nuevas sustancias —distintas al alcohol— que estarán en estado gaseoso.
- c) el alcohol ha desaparecido y no se ha convertido en nada material.
- d) otra respuesta: .....
- e) no lo sé.

Explicación de la opción elegida: .....

APENDICE 2

Interpretación de un fenómeno químico sencillo

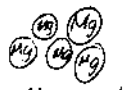
Los químicos han demostrado que, fundamentalmente, hay dos tipos de sustancias puras —los elementos y los compuestos— y han interpretado los procesos químicos entre estas sustancias con las siguientes suposiciones:

- los elementos están formados, en esencia, por átomos iguales.
- la parte más pequeña de los compuestos (partícula) está formada por un número entero de átomos de cada uno de los elementos que lo forman.
- el proceso químico consiste, básicamente, en una nueva distribución de los átomos que había inicialmente.

Con estas ideas interpretar el fenómeno que se indica más abajo, ayudándote de dibujos para representar los átomos que piensas existen en las sustancias iniciales y finales:

«Cuando se quema una pequeña cinta de metal magnesio se observa que arde muy vivamente, quedando como residuo un polvo blanco de una nueva sustancia química.»

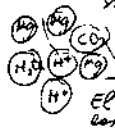
SUSTANCIAS INICIALES



Átomos puros

Explicación:

SUSTANCIAS OBTENIDAS TRAS LA COMBUSTION



O DE MAGNESIO

OXIDO de MAGNESIO

Se desprende CO2

y agua y cierta

cantidad de magnesio

se volatiliza. La mayor

parte se queda en el oxido

El espacio entre los magnesio es mayor porque el volumen obtenido es más que

la llama desprende CO<sub>2</sub> y vapor de agua. El magnesio coge parte del oxígeno de los productos desprendidos de la llama y con esto se realiza otra combustión separándose los átomos de magnesio en otras sustancias. El polvo blanco tiene partículas más separadas adquiriendo un volumen mayor. Parte del Mg pasa a gas a la atmósfera junto con CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, H<sup>+</sup> etc.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CARRASCOSA, J. y GIL, D., 1986, Diferències en l'evolució dels preconceptes de Mecànica i Química, II Jornades d'Investigació Educativa, Lleida.
- DRIVER, R. y ERICKSON, G., 1983, Theories in action: Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in Science, *Studies in Science Education*, 10, 37-60.
- DRIVER, R. et al, 1985, Secondary students' ideas about particles: workshop pack, *Children's Learning in Science Project* (Centre for Studies in Science and Mathematics Education: Leeds).
- FURIO, C., HERNANDEZ, J. y HARRIS, H., 1985, Parallels between adolescents' conception of gases and the history of Chemistry, *Journal of Chemical Education* (en prensa).
- HALL, J.R., 1976, A study of the teaching of elementary Chemistry, *Journal of Research in Science Teaching*, 13, 6, pp. 499-507.
- MARTINAND, J.L., 1986, Enseñanza y aprendizaje de la modelización, *Enseñanza de las Ciencias*, 4, 1, pp. 45-50.
- OSBORNE, R.J. y COSGROVE M.M., 1983, Children's conceptions of the change of state of water, *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 9, pp. 825-838.
- PFUNDT, H., 1981, The final link in the division process or the first building block? Pre-instructions conceptions about the structure of substances, *Chimica Didactica*, 7, pp. 75-94.