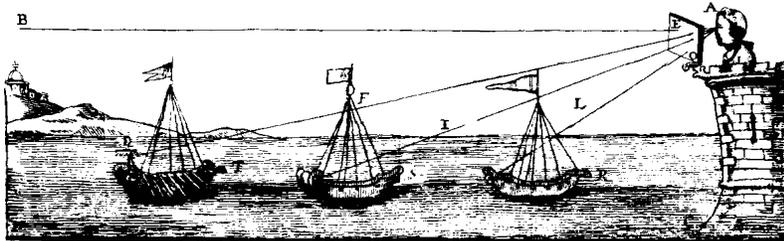


INVESTIGACIÓN DIDÁCTICA



LO QUE SABEN Y LO QUE PRETENDEN ENSEÑAR LOS FUTUROS PROFESORES SOBRE EL CAMBIO QUÍMICO

MARTÍN DEL POZO, ROSA

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales
Facultad de Educación - Centro de Formación del Profesorado
Universidad Complutense de Madrid

E-mail: rmartin@eucmos.sim.ucm.es

Miembro del Grupo DIE (Didáctica e Investigación Escolar) de la Red IRES

SUMMARY

In the initial training of the teachers, the didactic use of their conceptions constitutes a formative principle vital for building a rigorous professional knowledge of the scholarship contents. This work is involved in the characterisation of the knowledge of the future teachers about a concrete conceptual field with the aim of analysing the relations with the information that will be taught. We present a study on the conceptions of a reduced sample of future teachers about the concept of chemical change. We analyse their knowledge and the concepts which they intend to teach to students of 12-14 years of age.

INTRODUCCIÓN

En la investigación sobre el pensamiento del profesor disponemos de abundantes antecedentes sobre lo que los futuros profesores piensan acerca de la ciencia, de su enseñanza y aprendizaje, pero estas concepciones no se refieren a un ningún campo conceptual concreto (Porlán, Rivero y Martín del Pozo, 1998). Los escasos estudios sobre las concepciones de los futuros profesores en relación con el campo conceptual asociado al cambio químico (Kruger y Summers, 1989; Sanmartí, 1989; Repetto, 1991; Kruger, Palacio y Summers, 1992; Martín del Pozo, 1994a; Jong, Acampo y Verdonk, 1995; Jong, 1996) muestran la existencia de graves deficiencias en el conocimiento de conceptos químicos básicos, comparables a las detectadas en los alumnos de secundaria (Holding, 1985; Andersson, 1986; 1990; Briggs y Holding, 1986; Lloréns, 1987, 1989, 1991; Stavridou, 1990; Chastrette y Franco, 1991; Pozo et al., 1991; Equipe de Recherche Aster, 1992; Caamaño, 1993; Blanco y Prieto, 1996; Solsona, 1997).

Desde la perspectiva de la formación inicial del profesorado sobre los contenidos escolares, esto tiene importancia, ya que todo parece indicar que el conocimiento que los profesores tenemos sobre un contenido influye en lo que enseñamos sobre dicho contenido y en la forma de enseñarlo (Marcelo, 1992). Además, los profesores no enseñamos exactamente lo que sabemos acerca de un contenido, sino una «versión adaptada» al contexto escolar (Bromme, 1989). Esta adaptación es lo que otros autores denominan *transposición didáctica* (Chevallard, 1985; Astolfi y Develay, 1989; Martinand, 1989) o *integración didáctica* (García, 1998; Porlán y Rivero, 1998).

Dicho en otros términos, estamos tratando de una parte de lo que Shulman (1986) denominó *conocimiento didáctico del contenido* (*Pedagogical Content Knowledge*) y que para los autores citados es el conocimiento que posibilita al profesor la transformación de un contenido en *contenido enseñable y aprendible* o *conocimiento pedagógicamente elaborado*, según Gimeno (1988). Desde nuestro punto de vista, si nos referimos al conocimiento específico que los futuros profesores necesitan sobre los contenidos que tendrán que enseñar a los alumnos, el *conocimiento didáctico del contenido* es un conocimiento práctico y profesionalizado del contenido y de su enseñanza y aprendizaje (Martín del Pozo, 1994b; Porlán, Rivero y Martín del Pozo, 1997; Porlán y Rivero, 1998).

Teniendo todo ello en cuenta, nos planteamos las siguientes cuestiones:

- ¿Qué características tiene el conocimiento de los futuros profesores sobre el concepto de *cambio químico*?
- ¿Qué características tiene el conocimiento del cambio químico que pretenden enseñar?
- ¿Qué características tiene la transformación de ese conocimiento disciplinar en conocimiento escolar?

CARACTERIZACIÓN DEL ESTUDIO

En este trabajo pretendemos explorar aspectos de las concepciones de los futuros profesores que no hemos visto reflejados en los estudios citados y que, desde nuestro punto de vista, son de especial interés para los formadores. Así pues, no sólo nos interesa detectar el nivel al que formulan el concepto de *cambio químico*; es igualmente necesario indagar con qué otros conceptos lo relacionan y, especialmente, el tipo de relaciones que establecen entre los mismos, tanto desde el punto de vista disciplinar (sobre el concepto de cambio químico) como curricular (sobre el contenido que se pretende enseñar sobre el cambio químico).

El contexto en el que se recogieron los datos fue el habitual de las asignaturas de Química y Didáctica de las Ciencias, más concretamente, al tratar la temática titulada «Estudio didáctico de los cambios químicos». Éstas formaban parte del currículo oficial de la formación inicial del profesorado que ejercerá su actividad con alumnos de 12 a 14 años. La autora de este informe era la responsable de dichas asignaturas. Los 24 futuros profesores asistentes a las sesiones de clase constituyen la muestra con la que se realizó el estudio que presentamos. Durante el desarrollo de las clases, los asistentes se organizaron en seis grupos de trabajo de cuatro componentes cada uno.

Los datos que aquí presentamos provienen de dos *producciones escritas* de los futuros profesores. Las producciones escritas, también las orales y gráficas, de los estudiantes en el transcurso de las actividades que se realizan en la clase, son una de las fuentes de información que han sido utilizadas para estudiar las concepciones, especialmente por el Equipo de investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales del INRP (1985, 1992). También los planes escritos sobre una determinada temática a enseñar se han utilizado como fuente de información para el estudio de las concepciones curriculares de los profesores (Clark y Peterson, 1986; Broeckmans, 1983).

La primera producción de los futuros profesores se generó en una actividad de clase que consistió en responder individualmente por escrito, sin consultar documentación, sobre lo que pensaban que es un cambio químico y en elaborar un esquema para relacionar este concepto con otros conceptos químicos. A continuación, contrastaron en cada grupo de trabajo sus definiciones y esquemas individuales y elaboraron una propuesta representativa del grupo, sin ninguna otra instrucción por parte de la responsable del curso. A esta actividad se dedicó una sesión de clase de, aproximadamente, una hora y media de duración: unos 10 minutos para la presentación de la sesión, unos 20 minutos para el trabajo individual –si bien no todos los sujetos emplearon el mismo tiempo– y el resto del tiempo para el trabajo en grupo. Hemos de señalar que tal actividad se justificó en su momento como información de la que debía partirse cuando se inicia un trabajo colectivo de indagación sobre un contenido del currículo escolar, como en este caso el

«Estudio didáctico sobre los cambios químicos». Este planteamiento no supuso dificultades para los futuros profesores, puesto que ya estaban «entrenados» en poner de manifiesto sus ideas y discutirlos en grupo.

La segunda producción son los planes escritos en los que se diseña la enseñanza sobre el cambio químico para alumnos de 12-14 años. Para elaborar esta propuesta curricular cada uno de los seis grupos de trabajo utilizó todo el material que estimó conveniente y lo organizó con los criterios que el propio grupo decidió. Por otra parte, es necesario señalar que mi intervención como profesora de estas asignaturas se limitó, por lo que respecta a los datos de este estudio, a asistir a las discusiones de los grupos, a proporcionarles el material que solicitaban y a controlar el cumplimiento del tiempo acordado para su realización. La única indicación que se dio a los grupos, pero que no afecta a los datos que analizaremos, fue que en la propuesta curricular debería quedar claro el inicio, desarrollo y finalización de la enseñanza sobre los cambios químicos que se proponían llevar a cabo. La actividad se desarrolló en seis sesiones (ocho horas), sin contar el tiempo que los grupos utilizaron fuera de las horas de clase.

Como hemos indicado, tanto las definiciones y esquemas como las propuestas curriculares responden a una situación inicial en el tratamiento de la temática señalada; es decir, lo que esperamos detectar son concepciones iniciales de los futuros profesores al enfrentarse a estas tareas, tanto sobre el contenido conceptual como sobre el contenido a enseñar.

Por otra parte, el hecho de que hayamos tomado como fuente de información las producciones de grupo y no las individuales para elaborar una propuesta curricular obedece a razones de diversa índole:

- El convencimiento de que en la formación inicial, y muy especialmente en el diseño de la práctica futura, la *dimensión colectiva de la profesionalidad* ha de estar presente como unidad de producción de conocimientos (Gimeno, 1988). Potenciar desde la formación inicial una cultura de trabajo en grupo es coherente, desde nuestro punto de vista, con un enfoque de la formación inicial como primera fase del desarrollo profesional, que compartimos (Martín del Pozo y Porlán, 1999).

- La propia dinámica del contexto en que se desarrolla el estudio, la cual se articula en función del trabajo en grupo como núcleo para la discusión, planificación y comunicación al conjunto de la clase. Pretendemos caracterizar la diversidad de concepciones que se detectan en un curso trabajando en grupos reducidos y no sólo individualmente.

- Y, por último, como señala Marcelo (1992), existe una carencia de investigaciones sobre las concepciones de los profesores que aporten datos sobre este tipo de situaciones.

TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Teniendo en cuenta que trabajamos con una muestra reducida, el tratamiento de los datos que se obtienen de las producciones escritas de los futuros profesores permite un análisis cualitativo de su contenido. En general, podemos considerarlo, según Goetz y LeCompte (1984), como un medio sistemático de manipular los datos y los constructos inferidos de la información recogida. El tipo de análisis de contenido más generalizado es el *análisis categorial* (Bardin, 1977), que puede aplicarse tanto a producciones verbales como escritas, tanto de individuos como de grupos. Asimismo hemos seguido las pautas de Broeckmans (1983) y Porlán (1989), que se concretan en:

- Considerar como unidad de registro la definición textual de cambio químico aportada por cada sujeto y posteriormente por cada grupo, que generalmente estaba formada por una o dos frases.

- Transformar dichas unidades en formulaciones estándar que facilitaban su comprensión y comparación. En este caso, la estructura estándar que se adoptó fue:

a) En el caso de sus definiciones conceptuales: «Un cambio químico es un proceso en el que (estado inicial), (condiciones), (estado final)».

b) En el caso de sus propuestas para enseñar: «El concepto de *cambio químico* que se pretende enseñar es un proceso en el que (estado inicial), (condiciones), (estado final)».

- Agrupar dichas formulaciones infiriendo constructos hipotéticos, es decir, lo que suponemos que son concepciones diferentes acerca de lo que es un cambio químico. Para ello hemos tenido en cuenta los niveles de formulación del concepto de *cambio químico* (en función del concepto de *sustancia*, de *átomo* o de *estructura electrónica*) que establecimos a raíz del estudio histórico de este concepto y de los estudios sobre las concepciones de los alumnos (Martín del Pozo, 1994a; 1994b; 1998a).

- Presentar toda esta información en tres columnas (unidades de registro, formulaciones estándar y constructos) a dos especialistas en didáctica de las ciencias, para poder contrastar el análisis realizado. En este sentido, no se efectuaron correcciones significativas, sino más bien de claridad de redacción.

Para el análisis de su conocimiento sobre el concepto de *cambio químico* se tuvieron en cuenta las tres categorías propuestas por el Grupo Investigación en la Escuela (1991) y en diversos trabajos del Equipo de Recherche del INRP (1985):

- *Nivel de formulación* del concepto, que se refiere a las posibles definiciones del concepto en un gradiente de progresiva complejidad.

- *Amplitud y diversidad conceptual*, que se refiere al inventario y número de conceptos implicados y a los

posibles aspectos del campo conceptual relativo a un determinado tópico.

– *Organización conceptual*, que se refiere tanto a las relaciones «horizontales» entre conceptos (tramas conceptuales y conceptos estructurantes) como a las relaciones «verticales» (jerarquías conceptuales).

Para el análisis del contenido de las propuestas curriculares de los seis grupos se elaboró un sistema de categorías con las siguientes dimensiones para caracterizar las concepciones de los futuros profesores sobre la enseñanza del cambio químico:

– Los *principios didácticos*, que se refiere a todas aquellas manifestaciones de carácter general sobre la enseñanza y el aprendizaje, y que no se refieren a ningún contenido ni actividad determinada.

– El *contenido del conocimiento escolar sobre el cambio químico* (qué enseñar).

– La *metodología para enseñar el cambio químico* (cómo enseñar).

– La *evaluación del proceso* didáctico (para qué, qué, cómo y cuándo evaluar).

– Las *fuentes de información* utilizadas en el diseño de la unidad didáctica.

En este artículo sólo haremos referencia al análisis del contenido del conocimiento escolar sobre el cambio químico (Martín del Pozo, 1994a, para consultar los resultados del resto de las dimensiones). En dicho análisis se emplearon las mismas categorías que las que se han señalado para caracterizar el conocimiento de los futuros profesores sobre el concepto de *cambio químico*; es decir, el nivel de formulación, la amplitud, diversidad y organización conceptual.

Tal y como sugieren y emplean varios autores (Sanmartí, 1989; Prieto et al., 1989; Solsona e Izquierdo, 1992; Solsona, 1997), para la presentación de los datos hemos recurrido a la elaboración de *network*, especialmente recomendado en el caso de preguntas abiertas (Bliss y Ogborn, 1979). Esta forma de presentar los datos para un primer análisis tiene la ventaja, sobre todo en muestras no muy amplias, de obtener una visión de conjunto de las manifestaciones textuales de los sujetos, sin hacer aún inferencias sobre su contenido. Esto es muy conveniente si lo que se pretende es dar cuenta no sólo de las tendencias mayoritarias sino también de las especificidades de una muestra. Para presentar los datos que provienen de sus producciones sobre el cambio químico y de su propuesta de contenidos a enseñar, hemos elaborado, en cada caso, tres *network* (con datos individuales y de cada grupo de trabajo):

– Uno correspondiente a la formulación del concepto de *cambio químico*, que se estructura en función del estado inicial, el proceso y el estado final, con especial atención a lo que cambia y a lo que se conserva.

– Otro correspondiente a la amplitud conceptual. Éste se estructuró, en un principio, en función de dos grandes tipos de conceptos: cualitativos y cuantitativos u operativos (Mosterín, 1984). Sin embargo, a la vista de los datos, tuvimos que ampliar esta estructura incluyendo: teorías y leyes, aspectos académicos y aspectos relacionados con otras problemáticas.

– Y un tercero correspondiente a la diversidad conceptual, en el que igualmente tuvo que ampliarse la estructura prevista (aspectos estructurales, cuantitativos, energéticos y dinámicos de los cambios químicos) a la vista de los datos. Así, se introdujeron las transformaciones de la materia en general y los aspectos relacionados con otras problemáticas.

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Para caracterizar el contenido de lo que los futuros profesores saben y se proponen enseñar sobre el concepto de *cambio químico*, hemos optado por hacer una presentación según las categorías del análisis (nivel de formulación, amplitud, diversidad y organización conceptual) con los resultados más relevantes, individuales y, sobre todo, de los seis grupos de trabajo. Esto nos servirá asimismo para poder caracterizar la transformación que sufre «su» concepto de cambio químico cuando lo trasladan al contexto escolar, es decir, cuando tratan de enseñarlo para que otros lo aprendan.

Nivel de formulación

a) *Del conocimiento del cambio químico*

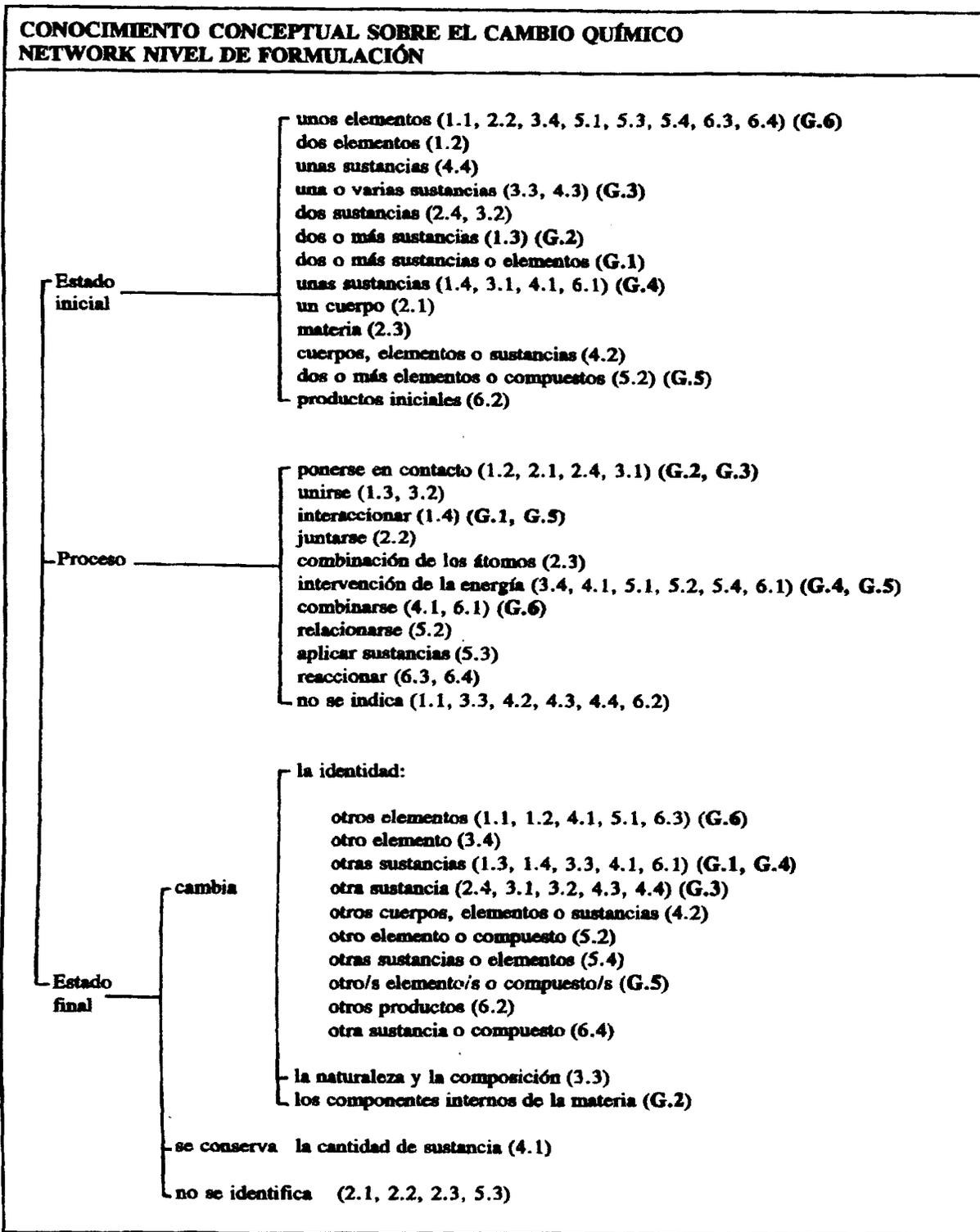
1) El *network* correspondiente a las definiciones del concepto de *cambio químico* aportadas por los 24 futuros profesores (Tabla I) revela las siguientes características:

– Una gran diversidad terminológica para caracterizar el *estado inicial* de este proceso. Así, aparecen hasta seis conceptos distintos (*elemento, sustancia, compuesto, cuerpo, materia, productos*) en múltiples modalidades de cantidad (uno, dos, varios) y de semejanza (*cuerpo-elemento-sustancia, elemento-compuesto, elemento-producto, sustancia-elemento*). No obstante, los conceptos de *sustancia* y *elemento* son los más utilizados para caracterizar el estado inicial. Por otra parte, esta diversidad es indicativa de la confusión que se da entre estos conceptos. Además, puede ser un indicio de distintas concepciones sobre el cambio químico tales como: acción externa sobre una sustancia, transmutación de elementos o, incluso, interacción entre sustancias o entre una sustancia y energía.

– El *proceso* para pasar del estado inicial al final se entiende básicamente como algo que implica una acción en la práctica (poner en contacto, juntar, unir, relacionar, interaccionar, aplicar, seguir un método experimental) y la intervención de la energía. Podemos pensar, en este

Tabla I

Network de las definiciones de cambio químico propuestas por los futuros profesores individualmente y en grupo. Cada sujeto se identifica por dos dígitos: el primero hace referencia al grupo (del 1 al 6) y el segundo al orden aleatorio dentro del mismo (del 1 al 4). Cada grupo se identifica por G.1 a G.6.



caso, en la influencia de sus experiencias previas cuando llevan a cabo reacciones químicas (tienen que poner en contacto las sustancias y, a menudo, tienen que calentar). Sólo en un caso (sujeto 2.3) se caracteriza el proceso a nivel microscópico como consecuencia de la *combinación de los átomos*, pero sin hacer referencia a éstos para caracterizar el estado inicial o final.

– La diversidad se mantiene para caracterizar el *estado final*. Los conceptos de *elemento* y *sustancia* vuelven a ser los más empleados.

– Aparece una clara tendencia explícita: lo que cambia es la identidad del estado inicial. Para el sujeto 3.3 ese cambio de identidad se refleja como cambio en la naturaleza y composición de las sustancias. Sólo en un caso (sujeto 4.1) aparece la idea de conservación, pero en términos de cantidad de sustancia (indicativa de una incorrecta comprensión de la ley de la conservación de la masa en el caso de los cambios químicos).

Si nos referimos a cada *grupo de trabajo* (Tabla I), en la caracterización del *estado inicial*, se observa en todos una reducción de la diversidad terminológica a tres conceptos (elemento, sustancia y compuesto):

– El grupo 1 recoge en forma de semejanza las aportaciones individuales (sustancias o elementos).

– Los grupos 2, 5 y 6 se identifican con la aportación de uno de sus componentes: sujeto 2.4 (sustancias), sujeto 5.2 (elementos o compuestos) y sujeto 6.3 (elementos), respectivamente.

– Los grupos 3 y 4 se identifican con la tendencia mayoritaria de sus componentes (sustancias).

Por lo que respecta a la caracterización del *proceso*, se observa la misma tendencia que en las aportaciones individuales, si bien, como es natural, la polisemia ha disminuido:

– Los grupos 1, 3, 4 y 6 se identifican con la aportación de uno de sus componentes: sujeto 1.4 (interacción), sujeto 3.1 (poner en contacto), sujeto 4.1 (intervención de la energía) y sujeto 6.1 (combinación), respectivamente.

– El grupo 2 se identifica con la aportación mayoritaria (poner en contacto).

– El grupo 5 se identifica con la aportación mayoritaria (intervención de la energía) y formula una nueva caracterización del proceso en términos de interacción entre las sustancias.

Por lo que respecta al *estado final*, en los grupos se mantienen las tendencias observadas individualmente, tanto sobre los conceptos que se utilizan en su caracterización, como sobre el estado final como resultado de un proceso en el que cambia la identidad del estado inicial:

– El grupo 1 se identifica con una de las dos aportaciones de sus componentes: el cambio de identidad de las

sustancias (precisamente la que sostiene uno de los componentes que más influencia tiene en el grupo, el sujeto 1.4).

– El grupo 2 elabora una nueva propuesta caracterizando el estado final como el resultado de la modificación de los componentes internos de la materia, presumiblemente por influencia de la caracterización del proceso por parte del sujeto 2.3 (combinación de átomos).

– Los grupos 3 y 4 se identifican con la aportación mayoritaria (lo que cambia es la identidad de la/s sustancia/s).

– El grupo 5 recoge en forma de semejanza las aportaciones mayoritarias (cambio de identidad de elemento/s o compuesto/s).

– El grupo 6 se identifica con la aportación del sujeto 6.3 (cambio de identidad de los elementos).

2) Por otra parte, del *análisis de contenido* de las definiciones de cambio químico que ofrecen los futuros profesores *individualmente* podemos inferir cuatro constructos diferentes:

En primer lugar, y como cabría esperar en función del análisis descriptivo, se detecta una concepción mayoritaria sobre el cambio químico como un proceso en el que se transforma la identidad del estado inicial (20 de los 24 sujetos). Este proceso requiere de la puesta en contacto de las sustancias o de la intervención de la energía para que se lleve a efecto.

En segundo lugar, los cuatro sujetos restantes parecen sustentar tres concepciones bien diferentes de los cambios químicos:

- El cambio químico como producto de la acción externa sobre una sustancia inicial por parte de otra sustancia o de la energía: la sustancia inicial es la única que se transforma en el proceso (es el caso de los sujetos 2.1 y 5.3).

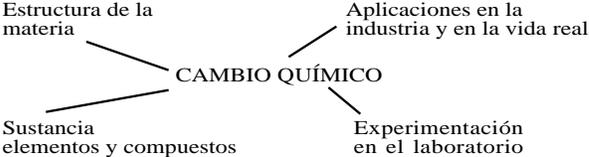
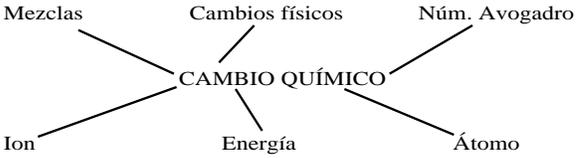
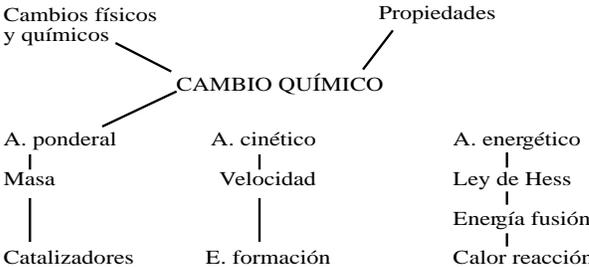
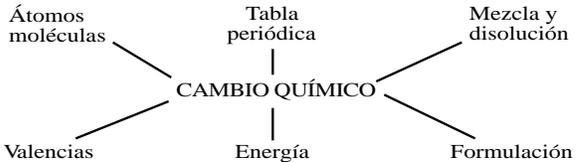
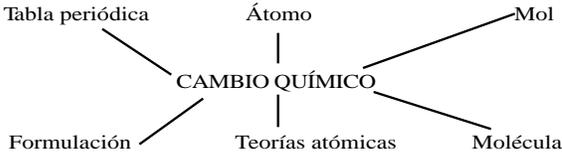
- El cambio químico como resultado de la simple puesta en contacto de dos sustancias (sujeto 2.2).

- El cambio químico como un proceso en el que los átomos se combinan por medio de uniones o separaciones (sujeto 2.3).

No obstante, es necesario indicar que tales inferencias se han realizado obviando la diversidad terminológica que se da para caracterizar el estado inicial y final. Concretamente, no hemos considerado que los sujetos que indican que lo que cambia de identidad son los elementos sustenten una concepción del cambio químico como transmutación. Como muy bien señala Sanmartí (1989), el hecho de que los estudiantes utilicen el término *elemento* no significa necesariamente que lo empleen desde el punto de vista químico.

Por lo que respecta al análisis del contenido de las definiciones aportadas por los *grupos de trabajo*, sigue

Tabla II
Producciones de los grupos de trabajo sobre el cambio químico (definición y esquema conceptual).

<p>GRUPO 1</p> <p>Es el proceso mediante el cual interaccionan dos o más sustancias o elementos dando lugar a otras sustancias diferentes.</p>	
<p>GRUPO 2</p> <p>Cambios o transformaciones que se producen al entrar en contacto dos o más sustancias. Lo que verdaderamente sufre modificación son los componentes internos de la materia.</p>	
<p>GRUPO 3</p> <p>Es un cambio o transformación que sufre una o varias sustancias al ponerse en contacto dando como resultado una sustancia diferente a las iniciales.</p>	
<p>GRUPO 4</p> <p>Es el conjunto de transformaciones que se producen en unas sustancias (reactivos) dando lugar a unas sustancias diferentes (productos). En ella interviene energía.</p>	
<p>GRUPO 5</p> <p>Es el proceso mediante el cual dos o más elementos o compuestos interaccionan entre sí originando un nuevo elemento(s) o compuesto(s) distinto(s) de los iniciales, con absorción o desprendimiento de energía.</p>	
<p>GRUPO 6</p> <p>Es un proceso en el cual se produce una transformación química: varios elementos se combinan para dar lugar a otros nuevos.</p>	

manteniéndose la tendencia mayoritaria a nivel individual en cinco de los seis grupos, como puede apreciarse en la tabla II. En el grupo 2, precisamente el más heterogéneo desde el punto de vista individual, puesto que cada uno de sus componentes parece sustentar una idea muy diferente de lo que es un cambio químico, aparece una concepción que podría interpretarse tanto en términos de transmutación microscópica (se modifican los componentes internos de la materia, es decir, los átomos) como en términos de reorganización de los mismos (puesto que el único estudiante que hace referencia al nivel microscópico entiende el cambio químico como una combinación de átomos). En cualquier caso, es el único grupo que utiliza espontáneamente el nivel microscópico para definir el cambio químico.

b) Del conocimiento que se pretende enseñar

En este caso, la mitad de los grupos (1, 3 y 6) ni siquiera hace mención explícita de la idea de cambio químico que pretenden enseñar. Es decir, se dice que se enseñará el concepto de *cambio químico*, pero no qué concepto de *cambio químico*. Sólo tres grupos proponen una formulación de dicho concepto. Ésta se caracteriza por situarse a un nivel macroscópico y basarse en el cambio de identidad de las sustancias iniciales, en contraposición con los cambios físicos, y sin hacer mención de lo que se conserva en dicho proceso:

Grupo 2: «Fijándose en los dos grandes grupos de cambios, deben darse cuenta de que en los cambios físicos no varía la naturaleza de la sustancia (aunque sí la apariencia), mientras que en los cambios químicos sí varía la naturaleza (hierro óxido)».

Grupo 4: «Los niños deberán llegar a la conclusión de que la sustancia nueva que se ha formado tiene características distintas a las sustancias utilizadas inicialmente».

Grupo 5: «[...] la sustancia cambia. El estado inicial es distinto al estado final. Cambio químico [...] Cambio de estado, pero no de sustancia. Cambio físico.»

Si comparamos el nivel de formulación de este concepto con el que pretenden enseñar, éste se sitúa en el mismo nivel (grupos 4 y 5) o en un nivel de menos complejidad (grupo 2). En todos los casos se reduce la polisemia del estado inicial a favor de la utilización de un único concepto: el de sustancia.

Amplitud y diversidad conceptual

a) Del conocimiento del cambio químico

El *network* correspondiente a los conceptos que los futuros profesores relacionan con el de cambio químico (Tabla III) pone de manifiesto, en una primera aproximación, la enorme diversidad y dispersión que caracteriza a las propuestas de los sujetos. Se proponen conceptos tanto cualitativos (28) como cuantitativos (13) e,

incluso, teorías (atómicas o atómico-moleculares). Las propuestas no sólo incluyen conceptos y teorías, sino también aspectos que pueden tratarse al estudiar los cambios desde un punto de vista más académico (observaciones, medidas, propiedades y clasificaciones de los cambios químicos) o más relacionados con otras problemáticas (la investigación científica, la experimentación en el laboratorio, la industria y la vida real). En total, la amplitud conceptual que propone el grupo de clase está constituida por un total de 54 elementos, entre conceptos, teorías y otros aspectos relacionados con los cambios químicos.

Un *análisis frecuencial* de la amplitud conceptual nos muestra que la mitad (27) de estos conceptos, teorías o aspectos, son propuestos por un solo sujeto. En este conjunto se incluyen prácticamente todos los conceptos generales, las teorías y los aspectos académicos y no académicos relacionados con los cambios químicos. En el otro extremo aparecen 5 conceptos que acumulan las mayores frecuencias: elemento (13), energía (12), formulación (11), átomo (10) y sustancia (9). La amplitud conceptual que manifiesta cada sujeto oscila entre 3 (sujeto 6.1) y 12 (sujeto 5.4) conceptos, teorías o aspectos relacionados con los cambios químicos. No obstante, la tendencia mayoritaria (16 sujetos) es incluir entre 4 y 6 elementos. Por otra parte, todos los sujetos incluyen conceptos específicos en su propuesta, mientras que los conceptos cuantitativos son incluidos por la mayoría (16 sujetos). Los otros elementos (teorías, aspectos académicos y no académicos) no alcanzan esta relevancia.

Por otra parte, se observa que cada *grupo de trabajo* ha procedido a hacer una selección de los elementos propuestos por sus componentes sin incluir ningún elemento nuevo (excepto en los grupos 3 y 4):

– El grupo 1 recoge las aportaciones individuales referentes a aspectos no académicos y selecciona los conceptos cualitativos mayoritariamente propuestos por sus componentes. La amplitud conceptual se sitúa en la media del grupo.

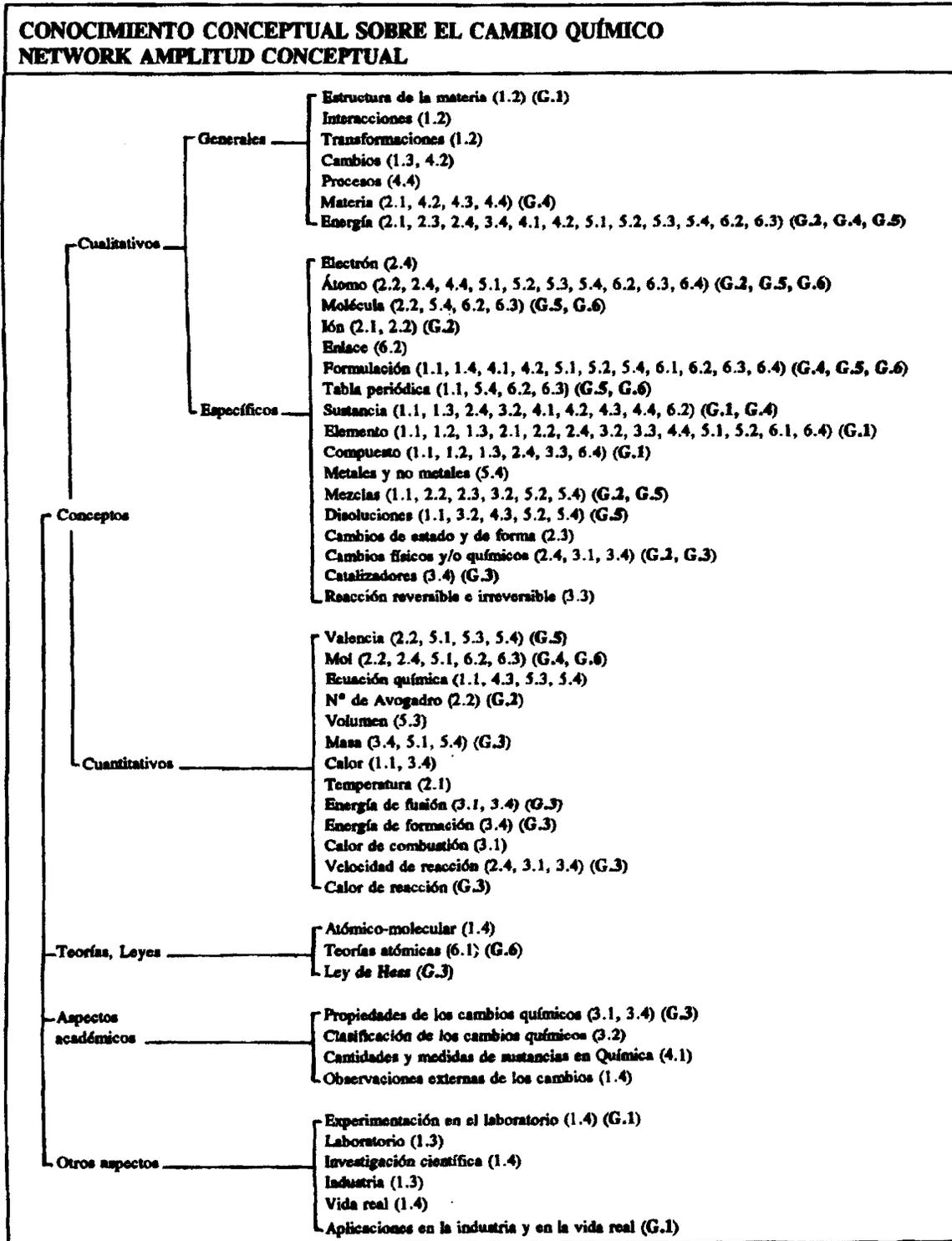
– El grupo 2 mantiene los dos tipos de conceptos propuestos por todos los componentes del grupo y selecciona algunos de los conceptos específicos y cuantitativos propuestos por cada componente. La amplitud conceptual se sitúa en un término medio (6) en relación a los dos extremos que se dan en el grupo (de 3 a 9 elementos).

– El grupo 3 se identifica fundamentalmente con la propuesta de uno de sus componentes (estudiante 3.4) e incluye un nuevo elemento, la ley de Hess. La amplitud conceptual también se aproxima más a la de este estudiante, muy por encima de la del resto del grupo.

– El grupo 4 reduce los diferentes elementos propuestos por sus componentes a los conceptos específicos y cuantitativos que coinciden fundamentalmente con los propuestos por uno de sus componentes (sujeto 4.1). En este caso, la única variación consiste en concretar, en el concepto de *mol*, un aspecto general referido a la medida. La amplitud conceptual también se sitúa en la media del grupo.

Tabla III

Network de los conceptos que se relacionan con el de *cambio químico* propuesto por los futuros profesores individualmente y en grupo. Cada sujeto se identifica por dos dígitos: el primero hace referencia al grupo (del 1 al 6) y el segundo al orden aleatorio dentro del mismo (del 1 al 4). Cada grupo se identifica por G.1 a G.6.



– El grupo 5 mantiene los dos tipos de conceptos propuestos por todos los componentes del grupo y selecciona algunos de los conceptos específicos y cuantitativos propuestos por cada componente. La amplitud conceptual se sitúa por encima de la mayoría de los componentes del grupo.

– El grupo 6 selecciona los conceptos específicos y cuantitativos propuestos mayoritariamente por sus componentes, manteniendo el de las teorías atómicas propuesto por uno de ellos (sujeto 6.1). La amplitud conceptual (6) se sitúa entre la de sus componentes (de 3 a 8).

La *diversidad conceptual* que manifiestan los futuros profesores oscila entre un solo aspecto (sujetos 6.1 y 6.4) y cinco aspectos diferentes relacionados con los cambios químicos (sujeto 2.4). Sin embargo, la inmensa mayoría de los futuros profesores (20 de los 24) se sitúa entre dos y tres aspectos diferentes. Si tenemos en cuenta no solamente el número de aspectos propuestos sino también la amplitud de cada uno de ellos, podemos clasificar a los sujetos en cuatro grupos cuya tipología conceptual se caracteriza por:

– El predominio de conceptos relacionados con la composición y estructura de la materia (15 de los 24 sujetos).

– La ausencia de un aspecto predominante en la tipología conceptual (6 sujetos).

– La ausencia de conceptos que se refieran a la composición y estructura de la materia (2 sujetos).

– El predominio de los aspectos relacionados con otras problemáticas (1 sujeto).

Por lo que respecta a la tipología conceptual de cada *grupo de trabajo*, se observa una tendencia a reducir el número de aspectos implicados en la misma. Por otra parte, el paso de las aportaciones individuales al grupo se caracteriza por:

– El grupo 1 reduce los aspectos implicados en el estudio de los cambios químicos a los estructurales, que concentran el mayor número de conceptos, y mantiene los relacionados con otras problemáticas.

– El grupo 2 diversifica al máximo los aspectos considerados, si bien sigue manteniendo más conceptos de orden estructural.

– El grupo 3 mantiene la tendencia de dos de sus componentes al no considerar los aspectos estructurales, pero manteniendo la diversidad de aspectos que aportan todos sus componentes.

– Los grupos 4, 5 y 6 reducen los aspectos considerados y concentran el mayor número de conceptos en los aspectos estructurales.

b) Del conocimiento que se pretende enseñar

En primer lugar, hemos de destacar que el *network* correspondiente a los conceptos relacionados con el

cambio químico que los grupos pretenden enseñar, presenta un mayor número de componentes que el obtenido a partir del esquema conceptual de los propios grupos. Es decir, el número de conceptos, teorías o aspectos que se pretenden enseñar es superior a lo que, en principio, los grupos saben (¿recuerdan?) sobre el cambio químico (Tabla IV). No obstante, veamos el paso del nivel disciplinar al curricular con un poco más de detalle:

– Mientras que los grupos elaboran un esquema conceptual que contiene en conjunto 29 conceptos, teorías y otros aspectos relacionados con los cambios químicos, se pretenden enseñar 45. No obstante, sólo 5 conceptos (elemento, energía, formulación, átomo y molécula) de los 45 propuestos son realmente representativos del conjunto de los grupos

– Para enseñar, se incluye un número mayor de conceptos específicos relacionados con diferentes tipos de reacciones químicas (combustión, oxidación-reducción y ácido-base).

– Se observa un mantenimiento del número de conceptos de carácter cuantitativo de tan elevada dificultad como el de *mol*, e incluso incluyendo los conceptos de *átomogramo* y *volumen molar*.

– Se aumentan los aspectos relacionados con otras problemáticas. Si antes era sólo un grupo quien mencionaba alguno de estos aspectos, ahora hay cinco, de los seis, grupos que proponen tratarlos a la hora de enseñar.

No obstante, cada uno de los grupos de trabajo ha realizado este paso de una forma peculiar, tal y como resumimos a continuación:

– El grupo 1 mantiene los conceptos de sustancia, elemento y compuesto, e incluye el de cambio químico (diferentes tipos), ecuación química y cambio físico. Este grupo es el único que incluía aspectos relacionados con el laboratorio, la industria y la vida cotidiana, pero al pasar a la enseñanza toman la forma de peligros y utilidades de las reacciones químicas.

– El grupo 2 varía sustancialmente los conceptos que pretende enseñar en relación con su propio esquema. Así, todos los conceptos de nivel microscópico (*átomo*, *ion*, *número de Avogadro*) son eliminados en favor de una profundización conceptual de nivel macroscópico sobre los cambios físicos y químicos.

– El grupo 3 mantiene un esquema basado en el estudio de los aspectos ponderales, energéticos y cinéticos de los cambios químicos, incluso lo amplía con los conceptos de *sustancia*, *elemento* y *compuesto*. Asimismo propone aspectos relacionados con el trabajo experimental sobre los cambios físicos y químicos.

– El grupo 4 también mantiene su esquema con los conceptos de nivel microscópico (ecuación química y formulación) y añade los aspectos de utilidad y aplicaciones a la vida real.

Tabla IV
 Network de los conceptos que se relacionan con el de cambio químico propuestos por los grupos.
 (El número que identifica a cada grupo figura entre paréntesis.)

ORGANIZADORES	NIVEL DISCIPLINAR	NIVEL CURRICULAR
Conceptos	Generales Estructura de la materia (1) Materia (4) Energía (2, 4, 5)	Átomo (6) Molécula (6) Enlace iónico (6) Enlace covalente (6) Formulación (4, 6) Tabla periódica (6) Sustancia (1, 3, 4) Elemento (1, 3, 4, 5, 6) Compuesto (1, 3) Metales y no-metales (5, 6) Mezclas (2, 3, 5) Disoluciones (2, 3, 4, 5) Cambios de estado (2, 3, 5) Cambios de forma (2) Dilatación (2) Cambios físicos o químicos (1, 3, 5) Catalizadores (3) Reacción endotérmica y exotérmica (2, 3) Oxidación (1, 2, 6) Reducción (2) Combustión (1, 2) Indicadores ácido-base (1, 2) Reactivos y productos (1, 2, 3, 5)
	Cualitativos Específicos Átomo (2, 5, 6) Molécula (5, 6) Ion (2) Formulación (4, 5, 6) Tabla periódica (5, 6) Sustancia (1, 4) Elemento (1) Compuesto (1) Mezclas (2, 5) Disoluciones (5) Cambios físicos o químicos (2, 3) Catalizadores (3)	
Conceptos	Cuantitativos Valencia (5) Mol (4, 6) Núm. de Avogadro (2) Masa (3) Energía de fusión (3) Energía de formación (3) Velocidad de reacción (3) Calor de reacción (3)	Átomo-gramo (5) Mol (5) Ecuación química (1, 3, 4, 5, 6) Volumen molar (5) Energía de formación (3) Velocidad de reacción (2, 3, 6) Calor de reacción (3)
Teorías, leyes	Teorías atómicas (6) Ley de Hess (3)	Principio de conservación de la energía (6) Principio o ley de Avogadro (5, 6) Ley de Hess (3) Principio de conservación de la masa (3, 5)
Aspectos académicos	Propiedades cambios químicos (3)	Clasificación de cambios químicos (4, 6)
Otros aspectos	Experimentación en el laboratorio (1) Aplicaciones en la industria y en la vida real (1)	Peligros y utilidad de las reacciones químicas (1) Manipulación y cuidado de materiales (3) Planificación y realización de experiencias sobre cambios físicos y químicos (3) Utilidad y aplicaciones (4, 6) Normas de seguridad (5) Valoración crítica de las reacciones en el entorno (5)

- El grupo 5, por el contrario, reelabora completamente su esquema, pero proponiendo conceptos de mayor dificultad que en su propio esquema. Tal es el caso de sustituir los conceptos de *átomo* y *molécula* (que parecen considerarse requisitos) por los de *mol*, *volumen molar* o por la ley de Avogadro. Por otra parte, este grupo sigue la tendencia general de incluir otros aspectos tales como las normas de seguridad para trabajar en el laboratorio.
- El grupo 6 también parece mantener esta última estrategia. Así, los conceptos que aparecían en su esquema son ahora considerados conceptos previos para los contenidos que pretenden enseñar (aspectos cuantitativos, energéticos y cinéticos de los cambios químicos).

Si comparamos la amplitud conceptual en el esquema y en los contenidos a enseñar, se observan dos claras tendencias. En la primera (grupos 1, 3 y 4) se mantienen básicamente todos los conceptos que se incluían en su esquema e incluso se añaden otros que hacen referencia directa a los cambios químicos. La segunda tendencia (grupos 2, 5 y 6) hace una propuesta de contenidos a enseñar muy diferente a la de su esquema conceptual, y esto se hace, bien eliminando el nivel conceptual microscópico (grupo 2), o bien considerándolo un requisito para, a partir de ahí, enseñar aspectos concretos de los cambios químicos (grupos 5 y 6).

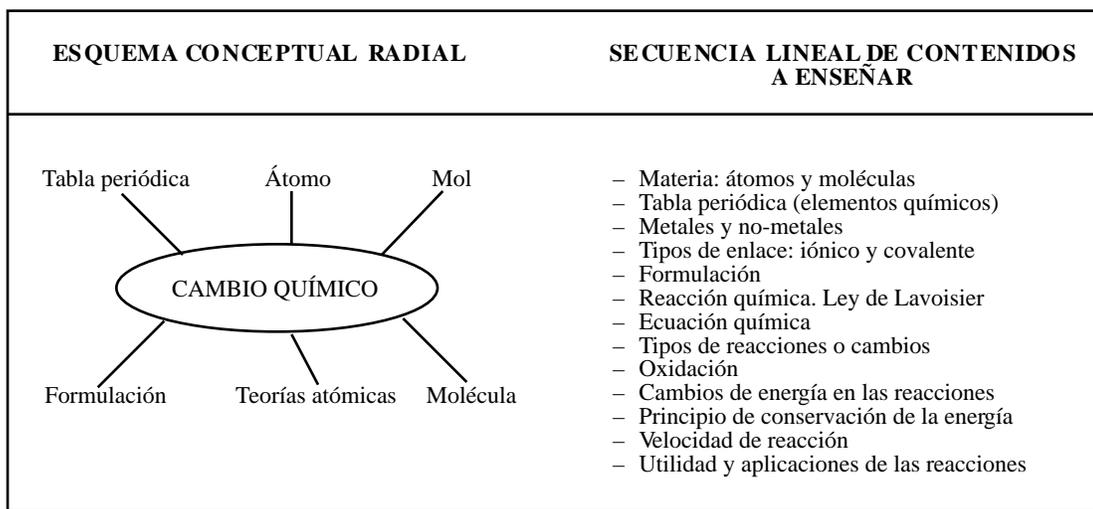
Por lo que respecta a la *diversidad conceptual*, de los 45 elementos que constituyen la amplitud conceptual, siguen destacando los aspectos estructurales sobre el resto (cuantitativos, energéticos y dinámicos), manteniéndose los conceptos tanto de nivel macroscópico como microscópico al pasar al nivel curricular. En lo que se pretende enseñar hay una mayor presencia de conceptos que se refieren a las transformaciones de la materia, tanto cambios químicos como físicos. También los aspectos cuantitativos y los relacionados con otras proble-

máticas tienen una mayor relevancia cuando se trata del conocimiento a enseñar.

No obstante, la diversidad conceptual en el paso del conocimiento disciplinar al escolar tiene características peculiares en cada uno de los grupos:

- El grupo 1 mantiene el tratamiento de la composición de la materia a nivel macroscópico, abandonando toda mención a la estructura atómica de la materia. Asimismo en su propuesta curricular se reflejan otros aspectos relacionados, en este caso, con el peligro y utilidad de los cambios químicos, y se incluyen los aspectos cuantitativos (ecuaciones químicas) y de transformaciones específicas (químicas).
- El grupo 2 excluye de su propuesta curricular los aspectos estructurales a nivel microscópico. Los contenidos se refieren a los cambios físicos (incluidas mezclas y disoluciones) y químicos (combustiones y reacciones ácido-base). Este grupo también excluye para este contexto el tratamiento de los aspectos cuantitativos, a favor de los cinéticos y energéticos, a través del estudio de las reacciones endotérmicas y exotérmicas.
- El grupo 3 mantiene todos los aspectos tratados en su esquema conceptual, incluyendo los relativos a la composición de la materia a nivel macroscópico y los relacionados con el trabajo en el laboratorio.
- El grupo 4 mantiene el estudio de la formulación en los contenidos que se propone enseñar, así como el resto de los conceptos de nivel macroscópico, y los aspectos cuantitativos y energéticos. Además incluye, como es habitual en casi todos los grupos, el estudio de las transformaciones de la materia (en este caso sólo químicas) y de aspectos relacionados con la utilidad de los cambios químicos.

Esquema 1



– El grupo 5 selecciona para enseñar el nivel macroscópico de la composición de la materia, abandonando el nivel microscópico conceptos como *átomo* y *molécula*, e incluso la formulación. Otra característica destacable en este grupo es la inclusión de tres aspectos que no aparecían en su esquema conceptual: las transformaciones (físicas y químicas), un número considerable de conceptos cuantitativos (de nivel microscópico) y los aspectos relacionados con el laboratorio y el entorno.

– El grupo 6 también mantiene el tratamiento de la composición y estructura de la materia tanto a nivel macroscópico como microscópico. Sin embargo, incluye, dentro del tratamiento de los aspectos cuantitativos, el concepto de *mol* en el principio de Avogadro y en el ajuste de ecuaciones químicas. El resto de los aspectos, no incluidos en su esquema conceptual, son ahora propuestos para enseñar sobre los cambios químicos.

Si comparamos la diversidad conceptual en el esquema y en la propuesta curricular, en cinco de los grupos, la tendencia es semejante; esto es, la de añadir nuevos aspectos a tratar sobre los cambios químicos cuando se trata de enseñarlos, pero manteniendo los que están implícitos en su esquema conceptual. Por el contrario, el grupo 2 propone nuevos aspectos pero desechando los que no estaban referidos al contexto escolar.

ORGANIZACIÓN CONCEPTUAL

En 23 de los 24 sujetos y en 5 de los 6 grupos de trabajo se detecta la misma organización conceptual: los conceptos implicados en el campo conceptual asociado al

cambio químico se sitúan en un mismo nivel de jerarquía, siendo el único concepto organizador el de *cambio* químico, sin establecerse relaciones entre los demás conceptos. La forma de presentar esta organización conceptual es a través de un *esquema radial*. En la tabla II pueden observarse los elaborados por los grupos.

En la propuesta de contenidos para enseñar el cambio químico se detecta la misma organización conceptual mayoritaria. Entonces, se presentaba en forma de esquema radial; ahora, los conceptos implicados en la enseñanza del cambio químico se sitúan en una *secuencia lineal*, que implica un orden conceptual a la hora de enseñar, como puede verse, por ejemplo, en el grupo 6 (Esquema 1).

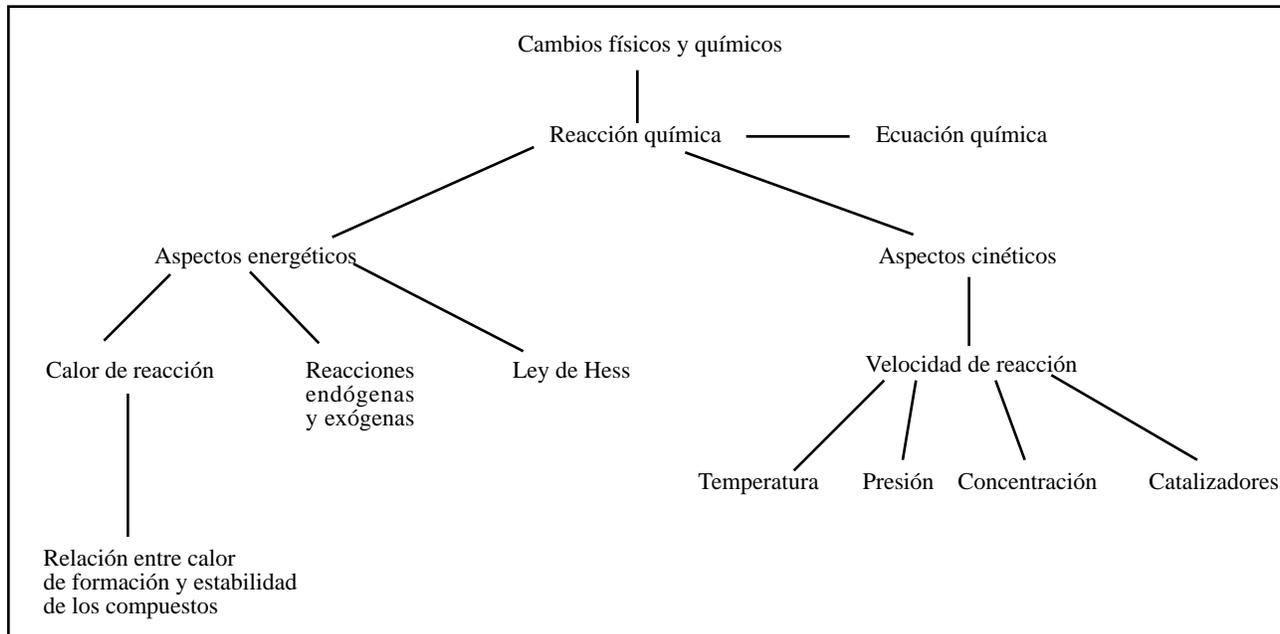
Sólo en el caso del grupo 3, se detecta una organización conceptual algo diferente. Ésta es la misma que la de su esquema conceptual sobre el cambio químico (Tabla II). Según el propio grupo, se trata de un *mapa conceptual*, en el que los conceptos se organizan en función de los aspectos que se pretenden enseñar sobre los cambios químicos (energéticos, cinéticos y cuantitativos) y, dentro de ellos, aparecen diferentes conceptos (Esquema 2).

En resumen, todos los grupos trasladan su organización conceptual al contexto escolar.

CONCLUSIONES

Con este estudio hemos pretendido caracterizar el conocimiento disciplinar y curricular de una muestra reducida de futuros profesores acerca del cambio químico, a

Esquema 2



partir de tareas realizadas en un contexto formativo habitual. No se trataba de «mostrar los errores conceptuales» de los futuros profesores para justificar que en la formación inicial hay que «corregirlos» antes de plantearse los «temas didácticos». Tampoco se trataba de justificar que con lo que «ya saben» es suficiente para poder enseñar en la enseñanza obligatoria y que lo que importa es «saber cómo» enseñarlo. Por el contrario, con este estudio hemos tratado, en última instancia, de detectar los obstáculos que representan sus concepciones y, así, estar en situación de diseñar un proceso tendente a hacer evolucionar tales concepciones hacia un conocimiento profesionalizado sobre la enseñanza del cambio químico (Martín del Pozo, 1998b)

Una conclusión de carácter general que podemos obtener de nuestros datos es que las formulaciones de los grupos de trabajo responden a las aportaciones que son mayoritarias entre sus componentes o bien se identifican con las de uno de ellos. Prácticamente no se detectan nuevas aportaciones como consecuencia del trabajo en grupo y esto parece que se posibilita en la medida en que los componentes del grupo tienen concepciones más diversas, como es el caso del grupo 2. Aunque nuestra preocupación no era estudiar el tránsito de las aportaciones individuales a las grupales –y, ciertamente, tratamos de concepciones iniciales, con lo que las orientaciones para las tareas eran mínimas o funcionales–, no podemos dejar pasar este tema. El trabajo en grupo también requiere un aprendizaje desde los primeros niveles educativos para que las producciones del grupo sean algo más que la suma o la adscripción a una individualidad.

A continuación, presentamos las principales conclusiones del estudio realizado, organizadas según las cuestiones que planteábamos en la introducción.

¿Qué características tiene el conocimiento de los futuros profesores sobre el concepto de cambio químico?

Amplitud conceptual

Como ya se suponía, los futuros profesores son capaces de conectar espontáneamente el concepto de *cambio químico* con numerosos conceptos, incluso de nivel microscópico. El potencial organizador de este concepto parece que también es percibido por ellos. Además, aunque de forma minoritaria, se incluyen aspectos no académicos relacionados con la industria, el laboratorio o lo cotidiano, que muestran una interesante tendencia a diversificar el conocimiento sobre el cambio químico, muy importante para la enseñanza en los niveles obligatorios (Laval, 1985).

Nivel de formulación

No obstante, estas conexiones no suponen la utilización de algunos de estos conceptos (*átomo*, *electrón* o *enlace*, por ejemplo) para definir el de *cambio químico*. Muy al contrario, tal y como se señala en la literatura general y específica (ver introducción), los estudiantes –y los

futuros profesores– no utilizan espontáneamente el nivel microscópico para definir el cambio químico (como se recordará, sólo un sujeto utiliza el concepto de *átomo* para definirlo). Tanto el estado inicial como el final de estos procesos son caracterizados utilizando fundamentalmente los conceptos de *elemento* y *sustancia* pero, tal y como se esperaba, con una gran polisemia (Martín del Pozo, en prensa). Además, podemos ratificar la tendencia general a pensar más en lo que cambia (la identidad del estado inicial) que en lo que se conserva (Pozo et al., 1991). Esto es particularmente interesante en el caso de los cambios químicos, incluso a nivel macroscópico, puesto que lo que se conserva (los elementos) no es observable mientras que lo que cambia (la identidad de las sustancias) sí lo es. La influencia de lo observable también es patente en el hecho de que los sujetos describan el proceso como una puesta en contacto en la que interviene la energía, ya que en sus experiencias previas en el laboratorio escolar han tenido que poner sustancias en un recipiente, o calentar, o han observado que se calienta el recipiente. Tanto es así, que se detectan dos formulaciones individuales del cambio químico en función únicamente de la puesta en contacto de las sustancias o de la acción externa sobre una sustancia.

Diversidad conceptual

Por otra parte, los futuros profesores conectan el concepto de *cambio químico* con conceptos que se refieren fundamentalmente a la composición y estructura de la materia. El currículo prescriptivo de enseñanza general básica (en el que fueron escolarizados todos los sujetos) y las versiones que de ellos hacen los libros de texto también dedican una gran parte de su contenido a la química estructural, por lo que es razonable que recuerden, sobre todo, este tipo de conceptos. Sin embargo, los aspectos propios del proceso (cuantitativos, energéticos y sobre todo dinámicos) son considerados en mucha menor medida.

Organización conceptual

Otro aspecto de gran interés para la caracterización del conocimiento conceptual se refiere a las relaciones que se establecen entre los conceptos. En este sentido se confirma una tendencia general detectada en otros estudios (Pozo et al., 1991): la escasa organización jerárquica del conocimiento. Lo más sorprendente de nuestros resultados es la gran uniformidad que presentan los futuros profesores a la hora de organizar el conocimiento: un esquema radial en el que aparece el concepto de *cambio químico* y en torno a él una media de cinco conceptos sin ninguna relación entre ellos. Sólo cabe recordar el caso de un sujeto (y del grupo del que forma parte) como representativo de una tendencia minoritaria que, al menos, introduce un cierto agrupamiento conceptual en función de los diferentes aspectos (ponderales, energéticos y cinéticos) que definen los cambios químicos.

En definitiva, el conocimiento conceptual del cambio químico es un conocimiento *enciclopédico* (se recuerdan una gran cantidad de conceptos), *fragmentario* (no

se atiende a la diversidad conceptual de esta campo de conocimientos) y *escasamente organizado* (sin relaciones entre conceptos de muy diferente nivel), que no ofrece una interpretación interactiva del cambio químico. Curso tras curso, con muestras similares de futuros profesores se vienen confirmando estos resultados (Martín del Pozo, 1998b). Se trata, pues, de un conocimiento que, tal y como señala Develay (1983), no capacita para la enseñanza. En este sentido, las concepciones de los futuros profesores sobre este campo conceptual actuarán como verdaderos *obstáculos epistemológicos* en el proceso de construcción de un conocimiento profesionalizado sobre el cambio químico.

¿Qué características tiene el conocimiento del cambio químico que pretenden enseñar?

Nivel de formulación

Como ocurre en el estudio de Cañal (1990), en la mitad de los grupos, el concepto de *cambio químico* que se pretende enseñar no se formula a ningún nivel. Esto puede ser un indicador de que los contenidos se consideran como «algo ya dado» por el currículo oficial y, sobre todo, por los libros de texto, de manera que no es necesario prever una formulación deseable para los alumnos y, mucho menos, plantearse una posible gradación de formulaciones de complejidad creciente. Sin embargo, aparecen otras dos posiciones en las que sí se señala el nivel de formulación que se considera deseable para ser alcanzado por todos los alumnos. Una, en la que el nivel de formulación coincide con el que los propios futuros profesores sustentan; es decir, un nivel macroscópico basado en el cambio de identidad de las sustancias y sin hacer referencia a lo que se conserva en dicho proceso. Otra, en la que un grupo, al pasar al contexto de la enseñanza, ha modificado su formulación a nivel microscópico por una de nivel macroscópico en los términos que acabamos de describir.

Amplitud y diversidad conceptual

Los contenidos que se pretenden enseñar sobre el cambio químico se caracterizan por una mayor amplitud y diversidad conceptual que la observada al estudiar su conocimiento disciplinar. Entre dichos contenidos se incluye un mayor número de conceptos específicos relacionados con los diferentes tipos de cambios físicos y químicos. Pero, cuando se trata de enseñar sobre este concepto también se plantean aspectos relacionados con otras problemáticas (el trabajo en el laboratorio, la utilidad y los peligros de las reacciones químicas...). Sin embargo, el nivel de dificultad de los conceptos implicados en este campo conceptual sigue manteniéndose, así como la preponderancia de los conceptos relativos a la composición y estructura de la materia.

Organización conceptual

El esquema radial que caracterizaba la organización de este campo se convierte ahora en una lista de contenidos a enseñar en el que no se establecen relaciones entre los mismos. Este traslado casi mimético se observa también en el único grupo que planteaba una organización algo diferente (en forma de esquema arbóreo) y que, en su propuesta de contenidos, denominan *mapa conceptual*, con el mismo tipo de relaciones entre los conceptos. Estudios similares, con otros campos conceptuales, también revelan la tendencia a reproducir la lista de contenidos de los libros de texto (Cañal, 1990).

¿Qué características tiene la transformación de ese conocimiento disciplinar en conocimiento escolar?

La *transposición* o transformación didáctica que realizan los futuros profesores consiste en una *reproducción* de la visión acumulativa, fragmentaria y no interactiva de los cambios químicos. En este proceso influye, fundamentalmente, el tipo de transposición que se detecta, a su vez, en los textos escolares (simplificación de los contenidos disciplinares, organización de los mismos atendiendo a la lógica disciplinar y visión empirista y enciclopédica del conocimiento científico), ya que son utilizados como fuentes de información privilegiada para determinar los contenidos a enseñar, junto con los materiales curriculares centrados en las actividades (que también propician una visión empirista de la ciencia) (Martín del Pozo, 1994a).

Así pues, todo parece indicar que la transformación del conocimiento sobre el cambio químico en conocimiento para ser enseñado (y aprendido) es un proceso sobre el que debe incidirse de lleno en la formación inicial. Más aún, por todo ello, el conocimiento profesional deseable debe ser capaz de tratar conjuntamente las concepciones disciplinares y curriculares. Debe capacitar a los futuros profesores para saber hacer análisis didácticos de diferentes fuentes de información (currículo oficial, libros de texto, materiales curriculares, estudios de concepciones de los alumnos, historia del concepto, etc.) y así estar en condiciones de elaborar propuestas de contenidos escolares que no sean reproducciones acríticas de los libros de texto (Martín del Pozo, 1998b).

NOTA

Esta publicación es resultado parcial del Proyecto PB97-0737 financiado por la CICYT.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSSON, B. (1986). Pupils' Explanations of Some Aspects of Chemical Reactions. *Science Education*, 70 (5), pp. 549-563.
- ANDERSSON, B. (1990). Pupils' Conceptions of Matter and its Transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18, pp. 53-85.
- ASTOLFI, J.P. y DEVELAY, M. (1989). *La didactique des sciences*. París: PUF.
- BARDIN, L. (1977). *Analyse de contenu*. París: Presses Universitaires de France. Trad. cast. (1986). *Análisis de contenido*. Madrid: Akal.
- BLANCO, A. y PRIETO, T. (1996). Algunas cuestiones sobre la comprensión de la química desde la perspectiva de las «ideas de los alumnos». *Investigación en la Escuela*, 28, pp. 69-78.
- BLISS, J. y OGBORN, J. (1979). The analysis of qualitative data. *European Journal of Science Education*, 1(4), pp. 427-440.
- BRIGSS, H. y HOLDING, B. (1986). *Aspects of secondary students' understanding of elementary ideas in Chemistry: Full Report*. Children's Learning in Science Project. Centre for Studies in Science and Mathematics Education: Universidad de Leeds.
- BROECKMANS, J. (1983). An Attempt to Study the Process of Learning to Teach from an Integrative viewpoint, en Halkes, R. y Olson, J.K. *Teacher Thinking: a New Perspective on Persisting Problems in Education*. Holanda: Lisse, Swets y Zeitlinger.
- BROMME, R. (1988). Conocimientos profesionales de los profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), pp. 19-29.
- CAAMAÑO, A. (1993). «Concepcions dels alumnes sobre la composició i estructura de la matèria y sobre el canvi químic. Comprensió de les formes simbòliques de representació». Tesis doctoral. Universitat de Barcelona.
- CAÑAL, P. (1990). «La enseñanza en el campo conceptual de la nutrición de las plantas verdes: un estudio didáctico en la educación básica». Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.
- CHASTRETTE, M. y FRANCO, M. (1991). La reacción química: descripciones e interpretaciones de los alumnos del liceo. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(3), pp. 243-247.
- CHEVALLARD, Y. (1985). *La transposition didactique*. Grenoble: La Pensée Sauvage.
- CLARK, C.M. y PETERSON, P.L. (1986). Procesos de pensamiento de los docentes, en *Handbook of Research on Teaching*. Nueva York: Macmillan Publishing Co. Trad. cast. (1990). *La investigación de la enseñanza. III*. Barcelona: MEC-Paidós.
- ÉQUIPE DE RECHERCHE ASTER. (1985). *Procédures d'apprentissage en sciences expérimentales*. París: INRP.
- ÉQUIPE DE RECHERCHE ASTER. (1992). *Objectifs-Obstacles et Situations d'Apprentissage autour du concept de transformation de la matière*. Documento interno.
- DEVELAY, M. (1983). «Contribution à la définition d'un modèle de formation initiale des instituteurs en activités d'veil biologique». Tesis doctoral. Universidad de París VII.
- GARCÍA, J.E. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Sevilla: Díada.
- GIMENO, J. (1988). *El currículo: una reflexión sobre la práctica*. Madrid: Morata.
- GOETZ, J.P. y LeCOMPTE, M.D. (1984). *Ethnography and Qualitative Design in Educational Research*. Academic Press Inc. Trad. cast. (1988). *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*. Madrid: Morata.
- GRUPO INVESTIGACIÓN EN LA ESCUELA. (1991). *Proyecto curricular «Investigación y Renovación Escolar» (IRES)*. (4 Vols. Versión Provisional). Documento interno.
- HOLDING, B. (1985). *Aspects of secondary students' understanding of elementary ideas in Chemistry: Summary report*. Children's Learning in Science Project. Centre for Studies in Science and Mathematics Education: Universidad de Leeds.
- JONG, O., ACAMPO, J. y VERDONK, A.H. (1995). Problems in teaching the topic of redox reactions: actions and conceptions of chemistry teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, pp. 1097-1110.
- JONG, O. (1996). La investigación activa como herramienta para mejorar la enseñanza de la química: nuevos enfoques. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), pp. 279-288.
- KRUGER, C. y SUMMERS, M. (1989). An investigation of some primary teachers' understanding of changes in materials. *Science School Research*, 71(225), pp. 17-27.
- KRUGER, C., PALACIO, D. y SUMMERS, M. (1992). Surveys of English Primary Teachers' Conceptions of Force, Energy, and Materials. *Science Teacher Education*, 76(4), pp. 339-351.
- LAVAL, A. (1985). Premiers contacts avec la chimie. *Rencontres pédagogiques*, 3, pp. 89-111.
- LLORÉNS, 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. Universidad de Valencia.
- LLORÉNS, J.A. (1989). El proceso de cambio conceptual en la iniciación a la química. La introducción de los conceptos de *sustancia pura y cambio químico*. *Revista de Educación*, 289, pp. 307-332.
- LLORÉNS, J.A. (1991). *Comenzando a aprender química. Ideas para el diseño curricular*. Madrid: Visor.
- MARCELO, C. (1992). Cómo conocen los profesores la materia que enseñan. Algunas contribuciones de la investigación sobre conocimiento didáctico del contenido, en *Actas Congreso. Las didácticas específicas en la formación del profesorado*. Santiago de Compostela.
- MARTÍN DEL POZO, R. (1994a). «El conocimiento del cambio químico en la formación inicial del profesorado. Estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de los estudiantes de magisterio». Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.
- MARTÍN DEL POZO, R. (1994b). Tentative de définition d'un savoir professionnel sur le changement chimique pour la formation des enseignants. *Aster*, 18, pp. 217-240.
- MARTÍN DEL POZO, R. (1998a). La construcción didáctica del concepto de *cambio químico*. *Alambique*, 17, pp. 65-75.

- MARTÍN DEL POZO, R. (1998b). La formación inicial sobre los contenidos escolares. El caso del cambio químico. *Investigación en la Escuela*, 35, pp. 21-32.
- MARTÍN DEL POZO, R. (2000). Prospective teachers' ideas about the relationships between concepts describing the composition of matter. *International Journal of Science Education*. (En prensa)
- MARTÍN DEL POZO, R. y PORLÁN, R. (1999). Tendencias en la formación inicial del profesorado sobre los contenidos escolares. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 35, pp. 115-128.
- MARTINAND, J.L. (1989). Pratiques de reference, transposition didactique et savoirs professionnels en sciences et techniques. *Les Sciences de l'Éducation*, 2, pp. 23-29.
- MOSTERÍN, J. (1984). *Conceptos y teorías en la ciencia*. Madrid: Alianza.
- PORLÁN, R. (1989). «Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional. Las concepciones epistemológicas de los profesores». Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.
- PORLÁN, R. y RIVERO, A. (1998). *El conocimiento de los profesores*. Sevilla: Díada.
- PORLÁN, R., RIVERO, A. y MARTÍN DEL POZO, R. (1997). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores I: Teoría, métodos e instrumentos. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), pp. 155-171.
- PORLÁN, R., RIVERO, A. y MARTÍN DEL POZO, R. (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores II: Estudios empíricos y conclusiones. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), pp. 271-288.
- POZO, J.I., GÓMEZ CRESPO, M.A., LIMÓN, M. y SANZ SERRANO, A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química*. Madrid: Centro de publicaciones del MEC.
- PRIETO, T., BLANCO, A. y RODRÍGUEZ, A. (1989). Explicaciones de los alumnos de 2a. etapa de EGB sobre el concepto de *reversibilidad* del proceso de disolución. *Investigación en la Escuela*, 7, pp. 79-90.
- REPPETO, E. (1991). «Diseño, aplicación y evaluación de módulos de aprendizaje para la formación del profesorado de ciencias». Tesis doctoral. Universidad de La Laguna.
- SANMARTÍ, N. (1989). «Dificultats en la comprensió de la diferenciació entre els conceptes de *mescla i compost*». Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.
- SHULMAN, L.S. (1986b). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), pp. 4-14.
- SOLSONA, N. e IZQUIERDO, M. (1992). *Aplicación de los conceptos de química a la interpretación de las combustiones. La uve de Gowin como instrumento de diagnóstico*. Documento multicopiado.
- SOLSONA, N. (1997). «L'emergència de la interpretació dels fenòmens químics». Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.
- STAVRIDOU, H. (1990). «Le concept de reaction chimique dans l'enseignement secondaires. Étude des conceptions des élèves». Tesis doctoral. Universidad de París VII.

[Artículo recibido en mayo de 1999 y aceptado en diciembre de 2000.]