

La enseñanza de la química en el inicio del nuevo siglo: una perspectiva desde España

Aureli Caamaño Ros*

Este artículo estaba destinado a aparecer con los del último número del año 2000, pero por más que se esforzó su autor, Aureli Caamaño, para tenérselo listo entonces, ello no le fue posible. Así que cerramos de una vez esta sección DE ANIVERSARIO con esta última entrega. Un artículo de primera, como todos los que nos entregaron para este festejo de los diez años de nuestra revista, que por cierto ya está próxima a cumplir los doce años!

Introducción

La química ha tenido un desarrollo extraordinario a lo largo del siglo XX: síntesis de nuevas sustancias, análisis químico y determinación de estructuras cada vez más complejas, descubrimiento de nuevos catalizadores, obtención de polímeros y de nuevos materiales, y avances en el conocimiento de cómo y por qué ocurren las reacciones químicas (Garritz 1999, VVAA 1999, RSC 2000). Estos desarrollos no se han visto siempre acompañados de los mismos avances en el campo de la enseñanza de la química, ni tampoco los nuevos conocimientos se han visto incorporados en el *currículum* de química de secundaria con la intensidad que hubiera sido deseable (Martín-Díaz, Bacas, 1996, Llopis, 1997, Caamaño 1999a).

Los procesos de reforma de los sistemas educativos y del *currículum* en la enseñanza secundaria tanto en la etapa obligatoria como postobligatoria (bachillerato) han modificado los objetivos del área de ciencias y de la química, en particular. La finalidad de una ciencia para todos, una ciencia para la ciudadanía y de la alfabetización científica han disminuido la importancia de los contenidos disciplinares y han situado en un campo más prioritario la comprensión pública de la ciencia, los procedimientos y las actitudes (Millar, Osborne, Nott 1998, Martín-Díaz 1998).

Por último, los resultados de la investigación en didáctica de las ciencias y de la química, en particular, y las experiencias de innovación curricular, han proporcionado fundamentos para comprender mejor las dificultades en el aprendizaje de la química y han proporcionado estrategias para abordar de una manera más eficaz la enseñanza de la química (Gabel 1999, Herron-Nurrenbern 1999).

En resumen, la enseñanza de la química en la enseñanza secundaria ha experimentado cambios importantes en las dos últimas décadas motivados, por un lado, por los resulta-

dos de la investigación didáctica y las nuevas tendencias en la enseñanza de las ciencias y, por otro, por los cambios curriculares y estructurales que han supuesto los procesos de reforma de los sistemas educativos (Caamaño 1999b, VVAA 2000a).

El objetivo de este artículo es valorar brevemente algunos de los avances logrados en los campos del aprendizaje y la enseñanza de la química y presentar algunas de las tendencias y cambios que están teniendo lugar en el *currículum* de química en la educación secundaria en el inicio de este nuevo siglo, especialmente desde la perspectiva española.

Aprendizaje y enseñanza de la química en las dos últimas décadas

Los años setenta y los inicios de los ochenta estuvieron marcados por propuestas de cambio en la enseñanza tradicional y transmisiva de la química basados en el modelo didáctico del descubrimiento orientado, del que el proyecto inglés Química Nuffield fue un ejemplo paradigmático. Se trataba de poner a los estudiantes en situación de descubrir regularidades y leyes de la química a partir de un trabajo experimental en grupo guiado por el profesor, generalmente ayudado por una guía de trabajo escrita.

Las nuevas concepciones sobre la naturaleza de la ciencia —en particular, la crítica a una visión inductivista de la ciencia— y sobre la forma de aprendizaje —centradas en una perspectiva constructivista de la ciencia— convergieron para poner en cuestión el método del descubrimiento orientado y para centrar la atención en los conocimientos previos de los estudiantes al inicio del desarrollo de un tema o de una situación problema.

La Química Faraday (Grupo Recerca-Faraday 1988) fue un proyecto español desarrollado en esta época, que se inició en el marco de un modelo didáctico de descubrimiento guiado y se terminó con la incorporación de las propuestas constructivistas para la enseñanza de la química. Por otro lado fue un intento de presentar y secuenciar los contenidos de química, correspondientes a cursos para alumnos de 16 y 17 años, utilizando la evolución histórica de los conceptos como hilo conductor.

A principios de los noventa irrumpieron en el escenario de la enseñanza de las ciencias los resultados de las investigaciones llevadas a cabo durante la década anterior sobre las concepciones alternativas de los estudiantes. Este conjunto de investigaciones se ha realizado mayoritariamente desde una perspectiva constructivista del aprendizaje de las ciencias

* IES Barcelona-Congrés. Formación Permanente del Profesorado. Departamento de Educación de Cataluña. España.
E-mail: acaamano@pie.xtec.es

y ha dado lugar a numerosas propuestas didácticas que intentan conseguir una mayor eficacia en la tarea de ayudar a los estudiantes a construir concepciones científicas correctas.

Las dificultades conceptuales de la química y las concepciones alternativas de los estudiantes

Para casi cada uno de los conceptos que se estudian en la química de la educación secundaria se han identificado concepciones alternativas de los estudiantes. Varios autores han realizado revisiones de las investigaciones realizadas (Llorens 1991, Pozo *et al.* 1991, Pozo, Gómez-Crespo 1998, Nakhleh 1992, Garnett *et al.* 1995, Gabel 1999, Furió y Furió 2000). Algunas de las causas que se han señalado en la literatura didáctica para explicar las dificultades en el aprendizaje de la química son las siguientes:

- La existencia de diferentes niveles de descripción de la materia: macroscópico y microscópico, con diferentes entidades y conceptos asociados a cada uno de ellos. La dificultad estriba en los constantes saltos que es preciso realizar entre estos dos niveles para poder interpretar las propiedades de las sustancias y de los materiales en función de su estructura. Además, el nivel microscópico debe a su vez subdividirse en un nivel atómico o atómico-molecular (átomos, iones, moléculas) y un nivel multiatómico, multimolecular o multiiónico, que es el que constituye el verdadero nexo de unión entre el mundo macroscópico y el atómico.
- La complejidad del nivel representacional simbólico y gráfico utilizado para describir e interpretar la composición y estructura de la materia mediante símbolos, fórmulas, fórmulas estructurales, diagramas atómicos, diagramas multiatómicos, modelos de bolas, etcétera (Caamaño, Casassas 1987).
- El uso de diferentes modelos y teorías (la teoría corpuscular, la teoría cinético-corporcular, la teoría atómico-molecular, los diferentes modelos de la estructura interna del átomo y del enlace químico, etcétera) en sucesivas versiones a lo largo de la enseñanza secundaria (Benarroch 2000).
- La necesidad ineludible de comprender la naturaleza de los modelos para poder implicarse en su elaboración, utilizarlos apropiadamente y ser consciente de su carácter instrumental y evolutivo (VVAA 2000b).

Dos de las áreas conceptuales esenciales de la química que han sido ampliamente estudiadas han sido las de la estructura de la materia y la del cambio químico. Las dificultades conceptuales intrínsecas de la estructura de la materia y las dificultades de aprendizaje por parte de los estudiantes han sido objeto de un reciente monográfico de la revista *Alambique*. En este monográfico, los autores (Prieto y Blanco, 2000) delimi-

tan lo que se entiende por una versión escolar del conocimiento científico sobre la naturaleza de la materia en la enseñanza secundaria obligatoria y reflexionan sobre algunos de los supuestos que subyacen en la selección y presentación de los conceptos y teorías de esta versión escolar. En concreto analizan el concepto de partícula, como concepto genérico inicial que engloba los conceptos de átomo, molécula e ión, y el significado de las teorías y de los modelos. En sus conclusiones destacan la necesidad de enfatizar el carácter especulativo de los modelos, superando la visión empirista e inductivista que los alumnos puedan tener sobre la adquisición del conocimiento.

En el mismo monográfico, Válcárcel, Sánchez y Ruiz (2000) abordan el estudio del átomo y de los modelos atómicos. En primer lugar, revisan los contenidos y orientaciones sobre la teoría atómica que aparecen en el currículo oficial tanto en la ESO (Educación Secundaria Obligatoria, 12-16) como en el bachillerato (17-18). A continuación tratan la problemática didáctica de los modelos atómicos, centrándose en dos aspectos: las ideas alternativas de los alumnos sobre el átomo, y la construcción y utilización que los alumnos hacen de los modelos atómicos. Finalmente, señalan algunas implicaciones didácticas para la enseñanza de los modelos e insisten en la importancia de una aproximación progresiva a la conceptualización del átomo.

Por último, Posada (2000) trata de los problemas y soluciones didácticas para abordar el enlace químico a lo largo de la enseñanza secundaria. Para ello describe los modelos mentales de los alumnos sobre los diferentes tipos de enlace químico: iónico, metálico, covalente y fuerzas intermoleculares, destacando las principales dificultades de los estudiantes que los trabajos de investigación han detectado. También analiza las causas de estas dificultades, siendo una de ellas la distinción entre modelo científico y realidad y otra, quizás, un tipo de enseñanza transmisiva que no permite al alumnado participar plenamente en la construcción de los conceptos y modelos implicados. Este mismo autor ha tratado el tema del enlace químico con mayor extensión en otros trabajos (Posada 1993, 1999).

La comprensión del cambio químico es otro aspecto esencial de la estructura conceptual de la química. No es de extrañar que el estudio de las concepciones de los estudiantes sobre el cambio químico y las propuestas didácticas para su enseñanza hayan ocupado y ocupen un lugar central en la investigación en didáctica de la química. El gran número de investigaciones llevadas a cabo ya en 1990 quedó reflejado en un artículo de revisión que Anderson (1990) realiza ese año para la revista *Studies in Science Education*. En 1994 la revista *ASTER* (VVAA 1994b) dedicó un número monográfico a la reacción química en el que se abordan, entre otros, temas como los obstáculos epistemológicos en el aprendizaje de la

reacción química, la ecuación química, el equilibrio químico, la construcción del concepto de sustancia, la transformación de las sustancias, el aprendizaje de la reacción química como una actividad investigativa, y la definición del saber profesional sobre el cambio químico en la formación de los enseñantes.

En España varios trabajos de investigación y tesis en didáctica de la química en los últimos años han tratado de forma directa o indirecta sobre las concepciones y las dificultades de los estudiantes en la interpretación de la reacción química (Llorens 1987; Sanmartí 1989; Oñorbe y Sánchez Jiménez 1992; Caamaño 1993; Furió, Bullejos y de Manuel 1994; Martín del Pozo 1994 y 1998; Solsona 1987; Solsona, Izquierdo 1998; Posada 1993 y 1999).

Por último, sin ánimo de ser exhaustivos, reseñamos a continuación algunas investigaciones recientes llevadas a cabo en otras áreas conceptuales de la química: la cantidad de sustancia y el mol (Furió, Azcona, Guisasaola 1999); ácido-base (Toplis 1998); electroquímica (Sanger, Greenbowe 1997); equilibrio químico (Quílez 1998).

Otros autores han señalado posibles fuentes de las dificultades de los estudiantes en el aprendizaje de la química (Treagust, Duit, Nieswandt 2000) y han propuesto estrategias didácticas para la comprensión conceptual de la química (Herron *et al.* 1986 y 1987; Herron, Nurrenbern 1999; Gabel 1999 y 2000) basadas en los resultados de la investigación didáctica. Otros han estudiado las dificultades para la incorporación a la enseñanza de los hallazgos de la investigación e innovación en didáctica de las ciencias (Gil, Pessoa 2000).

Trabajos prácticos y resolución de problemas

Otros dos grandes campos de investigación didáctica han sido el de los trabajos prácticos y el de la resolución de problemas. Hay un claro consenso en que la enseñanza de las ciencias ha de promover la adquisición de una serie de procedimientos y habilidades científicas, desde las más básicas hasta las más complejas (investigar y resolver problemas haciendo uso de la experimentación). Pero, la eficacia de los enfoques tradicionales de los trabajos prácticos para conseguir estos objetivos ha sido puesto en cuestión en un gran número de investigaciones (Hodson 1990, 1992).

Por otro lado, la importancia de una diversificación de los tipos de trabajos prácticos utilizados ha sido resaltado por diferentes autores. Experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos destinados al aprendizaje de técnicas y habilidades prácticas, e investigaciones diseñadas para dar a los estudiantes la oportunidad de trabajar como científicos y tecnólogos en la resolución de problemas, son algunos de los tipos de trabajos prácticos recomendados (Woolnough 1991, Caamaño 1992). El número monográfico número 2 de *Alambique* estuvo dedicado a los trabajos prácticos (VVAA 1994a).

La resolución de problemas ha merecido la atención de una serie de autores (Gil, Martínez Torregrosa 1987; Oñorbe 1989; Oñorbe *et al.* 1993; Pozo 1994; Perales 2000). Algunos de ellos han abordado la investigación de la resolución de problemas de química, especialmente los de tipo estequiométrico (Kempa 1986, Selveratnam-Frazer 1982). El monográfico número 5 de *Alambique* estuvo dedicado a la resolución de problemas (VVAA 1995 b). En este monográfico Garret (1995) da una amplia panorámica de las diferentes acepciones del término problema; Pozo, Postigo y Gómez-Crespo (1995) relacionan los contenidos procedimentales con la resolución de problemas, Furió, Iturbe y Reyes (1995) proponen un ejemplo de resolución de problemas como investigación; Sánchez Jiménez (1995) analiza los factores que influyen en la comprensión de los enunciados; García Vázquez y Favieres (1995) hacen una propuesta de resolución de problemas de física y química de papel y lápiz, utilizando esquemas que describen las etapas de resolución, y Carrascosa (1995) expone y ejemplifica las características que deberían tener las actividades prácticas en física y química para poder familiarizar realmente con la metodología científica.

El enfoque ciencia-tecnología-sociedad

A lo largo de estos años los objetivos de la enseñanza de las ciencias en un contexto de ciencia-tecnología-sociedad (CTS), articulados en tres campos —el de la naturaleza de la ciencia, el de la ciencia aplicada y el de la ciencia y la sociedad—, han ido impregnando el *currículum* de ciencias y la elaboración de los nuevos materiales curriculares. Algunos de los más novedosos proyectos de química de esta última década han seguido una orientación de química-tecnología-sociedad en la estructuración de sus contenidos.

La introducción de las relaciones ciencia-tecnología-sociedad en la enseñanza de las ciencias y su evolución ha sido analizada recientemente por varios autores (Garritz 1994, Membiela 1995, VVAA 1998b, Vilches 1999, Solbes y Vilches 2000). El pasado mes de julio se celebró en Aveiro (Portugal) un seminario ibérico sobre el movimiento CTS (Martins 2000), que pretende mantener convocatorias bianuales y promover la colaboración entre investigadores y profesores de la comunidad ibérica.

La introducción de la orientación CTS en España tiene a su favor en estos momentos el proceso de implantación de la Reforma que se está llevando a cabo, especialmente en la educación secundaria obligatoria, que por tratarse de una etapa obligatoria, fija sus objetivos en una “ciencia para todos”; es decir, en una ciencia útil para todos los futuros ciudadanos y ciudadanas, independientemente de los estudios que pretendan seguir posteriormente. Sin embargo, la introducción de contenidos CTS choca con la inercia

existente para la reconsideración de los contenidos científicos que tradicionalmente se han venido enseñando, los cuales son considerados muchas veces imperturbablemente válidos y adecuados para todos los estudiantes y etapas educativas.

El enfoque CTS en la enseñanza de la química ha dado lugar a proyectos innovadores como el *Chemcom* (Stanitski 2000) en Estados Unidos y el proyecto *Salters Advanced Chemistry* (Burtons y colaboradores, 1994) en el Reino Unido. En España los proyectos CTS de química más importantes llevados a cabo han sido el proyecto APQUA (Medir, 1995), una adaptación del proyecto americano CEPUP, y el proyecto Química Salters, una adaptación del proyecto Salters al bachillerato español (Grupo Salters: Caamaño, Llopis, Martín Díaz (coordinadores) 1997; Gómez-Crespo, Gutiérrez, Martín Díaz 1998; Grupo Salters 1999).

La utilización de la historia de la química para presentar de forma evolutiva los conceptos de la química ha sido utilizada en algunos proyectos como la Química Faraday, y defendida y ejemplificada en algunos trabajos (Grup Recerca 1982, 1983, Izquierdo 1996, Fernández 1999).

Lenguaje y comunicación

El lenguaje científico constituye el vehículo de comunicación para exponer, discutir y debatir las ideas científicas, con una precisión mayor que la que ofrece el lenguaje de la vida cotidiana. Sin embargo, este lenguaje que resulta lleno de significado al profesorado de ciencias, no lo es tanto para los estudiantes. La importancia del lenguaje verbal y visual en las clases de ciencias ha sido resaltado recientemente en una gran cantidad de trabajos. Estos trabajos muestran las dificultades de los estudiantes en la comprensión de los mensajes orales y escritos, y señalan la necesidad de plantearse explícitamente la enseñanza de la lectura, la escritura y la comunicación oral en el ámbito de las ciencias. Por otro lado, las diferencias entre el lenguaje cotidiano y el lenguaje químico y las dificultades del propio lenguaje químico han sido analizados extensamente.

En 1995 la revista *Aula* dedicó un monográfico al tema del lenguaje y las ciencias experimentales (VVAA, 1995c). En 1997 el número 12 de *Alambique* estuvo dedicado al lenguaje y a la comunicación en las clases de ciencias (VVAA, 1997). En este monográfico Sutton (1997) explora cómo ciertas suposiciones existentes sobre el lenguaje científico influyen negativamente en la visión de la ciencia que obtienen los estudiantes y critica la concepción que atribuye al lenguaje científico una función fundamentalmente descriptiva, neutra e independiente de los seres humanos que lo utilizan. Aboga por una visión que lo considere un instrumento para poner a prueba ideas, para imaginarse modelos y para interpretar situaciones; es decir, una visión del lenguaje que destaque su

función formadora de teoría. Borsese (1997) subraya la importancia del elemento lingüístico en el aprendizaje de una disciplina como la química y la conveniencia de que este elemento no venga impuesto supraestructuralmente, sino que se desarrolle y se defina paralelamente con los conocimientos a los que da acceso. Sanmartí (1997) considera que cuando alguien verbaliza las habilidades necesarias para enseñar y aprender ciencias, acostumbra a hacer hincapié, generalmente, en los procesos relacionados con el trabajo experimental, pero en cambio, pocas veces considera fundamental la enseñanza de las habilidades relacionadas con la expresión y la comunicación de las ideas. Sin embargo, aprender ciencia requiere irse apropiando de las formas lingüísticas construidas a lo largo del tiempo y transmitidas fundamentalmente a través de textos escritos. Sanmartí avanza algunas propuestas concretas para abordar la enseñanza de textos científicos en las clases de ciencias, diferenciando entre textos cuya función es describir y textos cuya función es justificar o argumentar, y destaca el papel esencial que el lenguaje juega en la autorregulación del proceso de aprendizaje que realiza cada estudiante.

En otro trabajo Sanmartí, Izquierdo y García (1999) defienden que el reto actual de la clase de ciencias no es tanto transmitir información sino cómo enseñar a utilizarla, a establecer relaciones entre informaciones aparentemente dispares y, muy especialmente, a comunicar nuestras ideas e interpretar las expresadas por los demás. Las formas de explicar en el aula han sido analizadas desde el punto de vista de la teoría del discurso y de la comunicación con diferentes perspectivas en varias investigaciones (Lemke 1997, Ogborn *et al.*, 1998).

En 1998, en el número 17 de la revista *Alambique* se abordó otro aspecto importante del lenguaje científico: la terminología científica (VVAA 1998a). En este monográfico se abordan entre otros aspectos los problemas del aprendizaje de la terminología científica (Caamaño 1998b), una introducción histórica a la terminología química (García Belmar-Bertomeu 1998) y las normas actuales sobre la nomenclatura, los símbolos y la escritura de las magnitudes fisicoquímicas (Caamaño 1998c).

Evaluación formativa

Por último, el papel de la evaluación en el proceso de aprendizaje ha sido revalorado en los últimos años desde su dimensión formativa, como un potentísimo instrumento para conocer las ideas de los estudiantes, planificar la acción en la resolución de una actividad, reflexionar sobre lo aprendido y autoevaluarse. La denominada autorregulación de los procesos de aprendizaje ha proporcionado una guía adecuada para enfocar los procesos de enseñanza-aprendizaje desde una perspectiva de atención a la diversidad, que busca

implicar a los alumnos y permitirles avanzar a partir de su situación inicial (Sanmartí, Jorba 1995).

La química en el currículum de ciencias de la educación secundaria

Varios autores (Bodner 1992; Beasley 1996; Vos, Berkel, Verdonk 1994) han analizado en los últimos años los cambios que están teniendo lugar en el *currículum* de química en la educación secundaria y los cambios que se prevén necesarios en un futuro próximo. La tendencia general es revisar los contenidos y métodos didácticos del *currículum* de química para abordar una enseñanza de la química más próxima a la orientación química-tecnología-sociedad. Algunos proyectos de carácter CTS, a los que nos hemos referido antes, han caracterizado los cambios más innovadores en estos últimos años: Chemcom, APQA, Química Salters, etcétera.

La reforma del currículum de ciencias en la educación secundaria en España

La extensión de la enseñanza secundaria obligatoria (ESO) hasta los 16 años y la comprensividad del nuevo sistema educativo en España ha obligado a modificar los objetivos de la enseñanza de las ciencias de la naturaleza en esta etapa. De acuerdo con las finalidades de la ESO, los objetivos del área de Ciencias de la Naturaleza han puesto el énfasis en una enseñanza de las ciencias centrada en la adquisición de los conocimientos, habilidades y actitudes científicas necesarias a la futura ciudadanía. Se ha pasado de unas “ciencias para futuros estudiantes de ciencias” a “unas ciencias para todos”. Obviamente este cambio de objetivos ha coincidido con los postulados de la denominada educación ciencia-tecnología-sociedad, un movimiento emergente que, como ya hemos dicho, resalta la importancia de la interdisciplinariedad de las disciplinas científicas y las conexiones entre la naturaleza de la ciencia, sus aplicaciones tecnológicas y sus implicaciones sociales.

En la reforma del *currículum* de la educación secundaria obligatoria (12-16) en España se han agrupado las antiguas asignaturas de física y química y de biología y geología del tramo 14-16 en una única área de conocimiento, las Ciencias de la Naturaleza, y se ha creado una nueva área, la Tecnología, con evidentes puntos de contacto con la primera. La nueva área de Ciencias de la Naturaleza ha supuesto un intento de mayor integración de las disciplinas de física y química y de biología y geología, especialmente, en el primer ciclo de la ESO. El antiguo debate sobre ciencias separadas o ciencia integrada (VVAA1994c) ha vuelto a surgir, esta vez sobre una realidad que ha obligado a tomar decisiones en la práctica. El nuevo diseño curricular ha introducido también una mayor optatividad como una manera de atender a la diversidad del alumnado de la escuela comprensiva. Las

asignaturas optativas han permitido la enseñanza de contenidos que tradicionalmente no tenían cabida en el anterior sistema educativo. El monográfico núm. 27 de *Alambique* (VVAA 2000c) está dedicado al análisis del *currículum* de ciencias en la ESO en España.

La química en la educación secundaria obligatoria

Los contenidos de química en la educación secundaria obligatoria (ESO) en España giran alrededor de los conceptos fundamentales de sustancia, mezcla, elemento, compuesto, estructura corpuscular, reacción química y productos químicos. Los proyectos y libros de texto en el primer ciclo de la ESO (12-14 años) acostumbran a presentar una mayor integración de la química con el resto de disciplinas. Los del segundo ciclo (15-16 años) abordan separadamente la física y química y la biología y geología. A continuación describimos, a título de ejemplo, la relación de unidades correspondientes al proyecto de ciencias de la ESO de la editorial Teide que se sitúa en un nivel intermedio entre unos proyectos más disciplinares y otros más integrados:

Contenidos de química del proyecto Ciencias de la Naturaleza ESO Teide. Barcelona (1996)

Primer Ciclo

1. Observando la materia; 2. El aire; 3. Sólido, líquido y gas; 4. Mezclas; 5. Separación de sustancias; 6. Cambios químicos; 7. La materia por dentro; 8. La composición del aire; 9. La combustión; 10. Metales; 11. Ácidos y bases, y 12. Productos químicos.

Segundo ciclo

1. Materia, sustancias y materiales; 2. Mezclas, disoluciones y dispersiones; 3. Separación de sustancias; 4. Partículas en movimiento; 5. Átomos, moléculas e iones; 6. El interior del átomo y el enlace químico; 7. La estructura de las sustancias; 8. La reacción química; 9. Los metales; 10. Los combustibles; 11. Polímeros; 12. Vidrios y materiales cerámicos, y 13. Radioactividad.

De la observación de estas unidades puede deducirse el carácter de *currículum* en espiral adoptado y la alternancia de unidades más conceptuales con otras de orientación CTS. El tiempo asignado al *currículum* de ciencias hace difícil poder completar una programación como ésta. Ante el dilema de qué contenidos seleccionar la mayoría de los centros optan por dar prioridad a los de carácter conceptual. La importancia concedida a los contenidos procedimentales y a los trabajos prácticos ha mejorado respecto de la situación antes de la reforma, pero dista mucho de ser la ideal.

Varios autores han analizado la situación de la enseñanza de la física y química en la nueva educación secundaria obligatoria (Solbes 1998 y 1999, Caamaño 1999) y la revista

Alambique dedicará un próximo monográfico (número 27, enero 2001) a un análisis crítico de la enseñanza de las ciencias en la ESO con la participación de profesores e inspectores.

La química en el bachillerato

Los nuevos diseños curriculares de la química en el bachillerato español (etapa 17-18 años) han intentado corregir el desequilibrio que existía entre los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales y han introducido bloques de contenidos dedicados a la aproximación al trabajo científico y a la ciencia-tecnología-sociedad.

El bloque de aproximación al trabajo científico se refiere a los conocimientos que constituyen la base de este tipo de trabajo, a la importancia de las teorías y modelos dentro de las cuales se articulan los conceptos y se lleva a cabo la investigación científica, a las actitudes en el trabajo científico y a los hábitos de trabajo e indagación. El establecimiento de los objetivos relacionados con estos contenidos requiere un buen diseño y programación de actividades de enseñanza, relacionadas con la interpretación de datos, la emisión de hipótesis, la interpretación de hechos mediante teorías, la argumentación, la elaboración de modelos, la resolución de problemas numéricos, la experimentación, la investigación de problemas teóricos y prácticos, la búsqueda de información y la comunicación de resultados.

La introducción de contenidos CTS es, indudablemente, la innovación más importante del nuevo *currículum* de química. En los bloques de contenidos CTS del diseño curricular base se hace referencia al análisis de la naturaleza de la química, sus logros y limitaciones, a las relaciones de la química con la tecnología, y a las implicaciones de ambas en la sociedad. Y determinados criterios de evaluación se refieren a la valoración crítica del papel que la química desarrolla en la sociedad, a la importancia histórica de determinadas teorías químicas, al interés económico, biológico e industrial de los polímeros artificiales y naturales, a los procesos de la industria química y a los efectos contaminantes más comunes del ecosistema terrestre. Estos aspectos novedosos del nuevo *currículum* de química han sido destacados en diversos artículos y trabajos, a la vez que se han propuesto diferentes tipos de secuenciaciones para incluir los contenidos CTS (Solbes y Hernández 1992, Gómez-Crespo 1993, Martín-Díaz y Bacas 1996, Caamaño 1998).

Dar cabida a los contenidos CTS y a una mayor presencia de los trabajos prácticos requiere seleccionar los contenidos conceptuales que se tratan. La pregunta es entonces: ¿qué criterios utilizar para seleccionar o ponderar la importancia relativa de los contenidos conceptuales que deben figurar en el *currículum*? Un buen criterio puede ser preguntarse cuáles son los conceptos necesarios para diseñar cursos de química que permitan comprender mejor la realidad ambiental y

tecnológica que nos rodea en aquellos aspectos en los que la química puede aportar elementos de análisis importantes. Ello supone reflexionar sobre la idoneidad de los contenidos conceptuales en función de su relevancia en el análisis de temas CTS, tales como la obtención de materias primas, el diseño de combustibles, la síntesis de polímeros y de nuevos materiales, la obtención de fertilizantes no contaminantes, el diseño de nuevos fármacos, el agujero de la capa de ozono, el efecto invernadero o la importancia del ciclo de carbono en la regulación del clima.

Veamos un ejemplo concreto de aplicación del criterio que apuntamos. Supongamos que tuviéramos que decidir si incluir o no en el *currículum* de bachillerato los siguientes conceptos: la interacción de la radiación electromagnética con las moléculas gaseosas, los radicales químicos, los derivados halogenados y las reacciones en cadena. Podríamos preguntarnos qué fenómenos naturales importantes o qué campos de investigación química actuales precisan del conocimiento de estos conceptos. Si por ejemplo, pensamos que el agujero de la capa de ozono es un problema de suficiente entidad para ser tratado en las clases de química, y analizamos los conceptos químicos que son precisos para entender los procesos naturales de formación y desaparición del ozono en la estratosfera y su proceso de destrucción por la acción de los clorofluorocarbonos, podríamos llegar fácilmente a la conclusión de que los conceptos citados anteriormente deberían estar en el *currículum*, al menos en el nivel mínimo necesario para comprender este fenómeno.

Obviamente, no todos los conceptos que son precisos para entender, siquiera de forma aproximada, los problemas o campos de investigación química importantes en la actualidad, pueden tener cabida en el *currículum* de química en el bachillerato; por ello, antes de su inclusión deben valorarse también otros aspectos, como su importancia relativa en el marco teórico global de la química; pero, ¿qué duda cabe de que el criterio de selección apuntado puede constituir un elemento de orientación muy valioso en la tarea de renovar y reequilibrar los contenidos conceptuales del *currículum* de química.

La otra cuestión clave es decidir cómo introducir los nuevos contenidos CTS no presentes hasta ahora en el *currículum* de química en el bachillerato. Es evidente que los nuevos contenidos pueden ser abordados en cursos que mantengan una estructuración basada en los conceptos, introduciendo pequeñas lecturas y actividades CTS a lo largo de cada unidad que muestren la evolución histórica de los conceptos, las aplicaciones de la química y las interacciones de la química, la tecnología y la sociedad. Y es evidente que ésta es la orientación que han tomado la mayoría de los materiales curriculares y libros de texto publicados hasta ahora. Este enfoque permite mantener una estructuración del *currículum* de química que tiene la ventaja de mostrar más

claramente la estructura conceptual de la disciplina y de resultarle más familiar al profesorado. Por el contrario, presenta el peligro de acabar dando poca importancia a los aspectos prácticos y sociales de la química, sobre todo si los exámenes de acceso a la universidad no incorporan este nuevo tipo de contenidos.

Otra opción es tomar los contenidos CTS como eje estructurador de los cursos de química. Ésta es la opción del proyecto de Química Salters (Grupo Salters 1999) al que nos hemos referido anteriormente y que constituye una de las experiencias más novedosas realizadas en la enseñanza de la química en el bachillerato español de estos últimos años. A continuación describiremos brevemente las características de este proyecto y los resultados de la experimentación que se han llevado a cabo en estos últimos cuatro años.

La experiencia del proyecto Química Salters

La Química Salters es una adaptación del proyecto inglés *Salters Advanced Chemistry* elaborado por el Grupo de Educación Química de la Universidad de York (Burtons *et al.*, 1994). Esta adaptación ha sido realizada por un equipo de profesores de secundaria y de universidad, de Barcelona, Madrid y Valencia, con el patrocinio del Centro de Desarrollo Curricular (CDC) —en la actualidad Centro de Investigación y Documentación Educativa (CIDE)— del MEC, del *Departament d'Ensenyament* de la Generalitat de Cataluña, y de la *Conselleria d'Educació i Cultura* de la Generalitat de Valencia.

El rasgo más característico del proyecto Química Salters

es el de ofrecer a los estudiantes una aproximación al estudio de la química mucho más atractiva que la que ofrecen los cursos tradicionales, basada en aprender la química a partir de sus aplicaciones. Sus objetivos más destacados son los siguientes:

- Mostrar los métodos que utiliza la química y el trabajo que hacen los químicos.
- Enfatizar la relación de la química con nuestra vida cotidiana.
- Mostrar las áreas punteras de la investigación química.
- Ampliar el abanico de actividades de aprendizaje que se utilizan en la enseñanza de la química.
- Hacer un tratamiento a la vez riguroso y aplicado de la química, que proporcione la base química para futuros estudios universitarios y, al mismo tiempo, satisfaga a los que emprendan estudios profesionales.

La Química Salters consta de ocho unidades didácticas, estructuradas alrededor de temas de química y sociedad, una visita a una industria química y un trabajo de investigación individual. Cada una de las unidades consta de tres partes: Química y Sociedad, Conceptos químicos y Actividades.

- *Química y sociedad* es la lectura que constituye el hilo conductor de cada unidad. Proporciona el contexto en el cual se desarrollan las ideas químicas. A partir de los aspectos de la química cotidiana y del trabajo de los químicos

Cuadro 1. Unidades de la Química Salters

<p>1. Elementos de la vida. Un estudio de los elementos del cuerpo humano, del descubrimiento y clasificación de los elementos, y del origen de los elementos en el Sistema Solar y en el Universo. <i>Conceptos químicos:</i> Cantidad de sustancia, fórmulas químicas, tabla periódica, modelos atómicos, espectros de emisión y de absorción, química nuclear, enlace químico.</p> <p>2. Desarrollo de combustibles. Un estudio sobre los combustibles y el trabajo de los químicos para obtener mejores gasolinas. <i>Conceptos químicos:</i> Ecuaciones químicas. Cálculos estequiométricos. Leyes de los gases. Energía de las reacciones. Entalpía de enlace. Hidrocarburos y alcoholes. Catálisis.</p> <p>3. De los minerales a los elementos. Un estudio de la extracción y uso de tres elementos: el bromo, el cobre y el plomo. <i>Conceptos químicos:</i> Reacciones redox. Ácidos y bases. Sólidos iónicos y disoluciones iónicas. Precipitación. Entalpía de disolución y de solvatación.</p> <p>4. La revolución de los polímeros. Un estudio del desarrollo de los polímeros desde su nacimiento hasta nuestros días y del problema de los residuos que generan. <i>Conceptos químicos:</i> Polímeros. Fuerzas intermoleculares. Ácidos carboxílicos y sus derivados. Alcoholes, fenoles y ácidos. Ésteres. Aminas y amidas.</p>	<p>5. La atmósfera. Un estudio de los procesos que tienen lugar en la atmósfera y de su incidencia en el clima. Se abordan los problemas del agujero en la capa de ozono y del efecto invernadero. <i>Conceptos químicos:</i> Teoría cinético-molecular de los gases. Radiación y materia. Alcanos halogenados. Velocidad de reacción. Equilibrio químico.</p> <p>6. Aspectos de agricultura. Un estudio de la investigación química para asegurar buenas cosechas. <i>Conceptos químicos:</i> La química del carbono y del silicio. Intercambio iónico. Equilibrio ácido-base. Ácidos fuertes y débiles. Cálculo del pH. Nitrógeno, amoníaco y nitratos.</p> <p>7. La química del acero. La producción del acero y los procesos industriales utilizados para protegerlo contra la corrosión. <i>Conceptos químicos:</i> Los elementos de transición. Formación de complejos. Pilas y potenciales de electrodo. Electrólisis.</p> <p>8. Los océanos. Una descripción de los océanos y del papel que juegan en la regulación del clima y en la formación de las rocas. <i>Conceptos químicos:</i> Enlace de hidrógeno. Entropía y entalpía libre. Equilibrio de solubilidad de compuestos iónicos insolubles. Forma de las moléculas.</p>
--	--

Los materiales experimentales de la Química Salters elaborados se han editado en dos versiones, una en catalán y otra en castellano.

micos nos aproxima al estudio de los principios químicos en los cuales se basan estos procesos.

- Los *Conceptos químicos* explican los principios químicos esenciales para la comprensión de la lectura. Constituyen la parte teórica del curso.
- Las *Actividades* se caracterizan por utilizar una gran variedad de recursos y por potenciar el aprendizaje autónomo y en grupo. Muchas de ellas son trabajos prácticos.

A lo largo de la lectura hay llamadas que indican el momento oportuno para estudiar los conceptos relacionados y para realizar las actividades. La última actividad de cada unidad consiste en una revisión de todos los contenidos aprendidos. Los contenidos CTS y conceptuales de cada una de las unidades de la Química Salters se muestran en el cuadro 1. Cada una de las unidades adaptadas está diseñada para un tiempo lectivo de aproximadamente 30 horas.

La visita a una industria química

El proyecto Química Salters propone una actividad importante para conectar los contenidos de química con el mundo de la industria, que consiste en una visita a una industria química. Durante los cursos 96-97 y 97-98 se realizaron una serie de visitas a industrias químicas para cada una de las cuales se preparó un ficha de presentación y un cuestionario para ser contestado por los estudiantes. Este trabajo está recopilado en una guía de visita a las industrias químicas que es facilitado a los centros que experimentan el proyecto Química Salters.

La investigación individual

Una de las características del proyecto que más interés despierta en los estudiantes es el trabajo de investigación individual. Este trabajo es propuesto y realizado por cada estudiante y tutorizado por un profesor del departamento de

Física y Química. El problema a investigar es elegido normalmente de entre una lista de posibles investigaciones que se proporciona al estudiante, pero también puede ser propuesto por el propio alumno. Su planificación se lleva a cabo el último trimestre del primer curso y se realiza al final de este trimestre o bien en el primer trimestre del segundo curso.

Se ha realizado un trabajo de selección de investigaciones adecuadas a los recursos de nuestros centros, con la finalidad de ofrecer al profesorado de los centros experimentadores una relación de investigaciones y un protocolo para su realización, y a los alumnos, una guía para la planificación, realización y presentación de los resultados de la investigación. Este trabajo se encuentra recogido en una guía del alumnado para la planificación y realización de la investigación y en una guía didáctica para el profesorado. El cuadro 2 muestra una relación de los trabajos de investigación que se proponen a los estudiantes.

Resultados de la experimentación y expectativas de futuro

Los tres años de experimentación del proyecto (cursos 96-97, 97-98 y 98-99) en aproximadamente 25 centros de secundaria de Barcelona, Madrid y Valencia han permitido constatar algunas dificultades que deberían considerarse en una futura revisión y edición definitiva del proyecto. Destacamos entre ellas las siguientes:

Los *contenidos* incluidos en las ocho unidades son excesivos para el tiempo de que disponemos. Una solución podría ser considerar opcionales alguna de las unidades actuales, total o parcialmente (por ejemplo, La revolución de los polímeros y Los océanos). Otra solución sería introducir en la guía didáctica una diferenciación entre contenidos y actividades básicas y complementarias.

La comprensión de las *lecturas* por los estudiantes requiere de una intervención bien planificada del profesorado. Los

Cuadro 2. Relación de trabajos de investigación del proyecto Química Salters

¿Cuál es el mejor antiácido?	¿Qué factores influyen en el oscurecimiento de las frutas?
¿Se pueden utilizar los pigmentos vegetales como indicadores ácido-base?	¿Podemos aislar algunos principios activos de algunos analgésicos por cromatografía?
¿Qué cantidad de cafeína contienen las bebidas de cola?	¿Qué factores influyen en la descomposición del agua oxigenada?
¿Cómo se puede diferenciar el aceite de oliva del de girasol?	¿Cuál es el porcentaje de hierro en un clip?
¿Qué cantidad de cobre contienen nuestras monedas?	¿Qué factores influyen en la reacción de los metales con los ácidos?

contenidos de química y sociedad de las lecturas han de ser consideradas equivalentes a los otros tipos de contenidos, por lo que se refiere al tiempo y atención que se les ha dedicado. Algunas lecturas habrían de ser simplificadas para facilitar su comprensión.

La *disposición separada* de la lectura, los conceptos y de las actividades obliga a los estudiantes a realizar continuos saltos entre las tres secciones de cada unidad. A pesar de ello, se valora que la presentación final del proyecto en dos libros: uno de lecturas y actividades y otro de conceptos, permitirá un uso más flexible del proyecto, a la vez que posibilitará que el alumno disponga de los conceptos químicos agrupados y ordenados de acuerdo con la estructura propia de la disciplina.

Con todo la dificultad mayor para una generalización del uso de un proyecto de química CTS como la Química Salters o de otros con una orientación similar sigue estando en la nula modificación del tipo de prueba de acceso a las universidades españolas, en las que la prueba de química no contempla los nuevos contenidos CTS de los nuevos currículos oficiales. Estas pruebas continúan estando centradas fundamentalmente en la resolución de problemas numéricos de química, lo que hace muy difícil la adopción por parte del profesorado de proyectos CTS como el Salters. En Cataluña, una comunidad autónoma con una estructura curricular parcialmente diferenciada de la del resto de España, se están diseñando asignaturas optativas nuevas –Química Práctica y Química Moderna–, que permitirán introducir gran parte de los contenidos CTS de la Química Salters que por el momento no es posible trabajar en la asignatura común de Química.

¿Hacia donde vamos? La enseñanza de la química más allá del 2000

Más allá de los condicionantes curriculares y normativos destacados, muchos de los problemas planteados sobre el aprendizaje y la enseñanza de la química se sitúan en el propio campo de la educación química. He aquí algunas preguntas que señalan a la vez viejos y nuevos problemas de la enseñanza de la química en este nuevo siglo que comienza:

¿Cómo mejorar el interés y la motivación de los estudiantes y, en particular, de las alumnas, hacia la química?

¿Cómo seleccionar adecuadamente los contenidos que formen el núcleo básico del *currículum* de química en cada nivel de enseñanza?

¿Cómo secuenciar los contenidos de la forma más apropiada desde el punto de vista del aprendizaje?

¿Cómo ofrecer un *currículum* de química más conectado con la vida cotidiana y con los problemas del mundo?

¿Cómo humanizar y personalizar la enseñanza de la química?

¿Cómo mejorar la comprensión de la naturaleza de la química como ciencia pura y como ciencia aplicada?

¿Cómo desarrollar estrategias didácticas y actividades de aprendizaje-enseñanza más eficaces que ayuden a los estudiantes a superar las dificultades conceptuales y procedimentales de la asignatura?

¿Cómo incrementar el trabajo práctico de calidad y mejorar las orientaciones de estos trabajos para dotarlos de un carácter más abierto?

¿Cómo contextualizar la resolución de problemas y los trabajos prácticos más allá del marco disciplinar en que muchos de ellos se han venido desarrollando?

¿Cómo introducir los contenidos QTS superando la tensión existente con los contenidos más disciplinares ?

¿Cómo situar la adquisición y el dominio del lenguaje como un objetivo fundamental en el *currículum* de química e incrementar la frecuencia y la calidad de las actividades de comunicación oral, escrita y gráfica?

¿Cómo mejorar el papel formativo de la evaluación en los cursos de química?

¿Cómo incorporar las nuevas tecnologías de acceso a la información y a la comunicación que proporcionan nuevos recursos para la enseñanza de las ciencias?

¿Cómo mejorar la formación del profesorado implicándolo activamente en su propia formación, en la elaboración de nuevas estrategias y secuencias didácticas y en la mejora del *currículum* de química en general ?

Trabajar para dar nuevas respuestas a estas preguntas es trabajar por la renovación de *currículum* y la mejora de la enseñanza de la química y de las ciencias en general, y, en consecuencia, por una mejor formación científica de la ciudadanía, desde el punto de vista cultural, personal y social, en este nuevo siglo que comienza. ▀

Referencias bibliográficas

- Anderson, B.(1990). Pupils' explanations of some aspects of chemical reactions. *Studies in Science Education*, 20, 3, p. 305.
- Beasley,W. (1996). Reforming the visions of high school chemistry. *Journal of Chemical Education*. 73, 4, p. 344.
- Benarroch, A. (2000). Del modelo cinético-corpúscular a los modelos atómicos. Reflexiones didácticas. *Alambique*, 23, p. 95.
- Bodner,G.M. (1992). Why changing the curriculum may not be enough (Forum: Refocusing the general Chemistry Curriculum). *Journal of Chemical Education*, 69, 3, p. 186.
- Borsese, A. (2000). El lenguaje de la química y la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 12, p. 33.
- Burton, W.G., Holman, J.S., Pilling, G.M., Waddington, D.J. (1994). *Advanced Chemistry Salters: Chemical Storylines, Chemical Ideas, Activities and Assessment Pack, Teacher's Guide*. Oxford: Heinemann.
- Caamaño, A. (1992). Los trabajos prácticos en ciencias experimentales. Una reflexión sobre sus objetivos y una propuesta para su diversificación. *Aula*, n.9, p. 61.
- Caamaño, A. (1993). *Concepcions dels alumnes sobre la composició i estructura de*

- la matèria i el canvi químic. *Comprensió de les formes simbòliques de representació*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona.
- Caamaño, A. (1995). La educación ciencia-tecnología-sociedad: una necesidad en el diseño del nuevo currículum de ciencias. *Alambique*, 3, p. 4.
- Caamaño, A. (1998a). La secuenciación de los contenidos de química en bachillerato. *Alambique*, 15, p. 69.
- Caamaño, A. (1998b). Problemas en el aprendizaje de la terminología científica. *Alambique*, 17, p. 5.
- Caamaño, A. (1998c). Nomenclatura, símbolos y escritura de las magnitudes fisicoquímicas. *Alambique*, 17, p. 47.
- Caamaño, A. (1999a). La química en el bachillerato: nuevos contenidos QTS, pero los mismos conceptos. *Aula de innovación educativa*, n. 81, mayo, p. 35.
- Caamaño, A. (1999b). Enseñanza de las Ciencias en el umbral del año 2000. *Cuadernos de Pedagogía*, n. 281, junio.
- Caamaño, A., Casassas, E. (1987). La comprensión de la estructura de la materia y del cambio químico en estudiantes de 15 a 16 años. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, p.159.
- Carrascosa, J. (1995). Trabajos prácticos de física y química como problemas. *Alambique*, 5, p. 67.
- Fernández, M. (1999). Elementos frente a átomos. Raíces históricas e implicaciones didácticas. *Alambique*, 21, p. 59
- Fleming, A. (1998). What future for chemistry to age 16? , *School Science Review*, 80, 291, p. 29.
- Furió, C., Bullejos, J., de Manuel, E. (1994). L'apprentissage de la réaction chimique comme activité de recherche. *ASTER*, n.18, p. 141.
- Furió, C., Iturbe, J., Reyes, J.V. (1995). ¿Cuánto contaminará una central eléctrica que funciona con fuel? *Alambique*, 5, p. 27.
- Furió, C., Azcona, R., Guisasaola, J. (1999). Dificultades conceptuales y epistemológicas del profesorado en la enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol. *Enseñanza de las Ciencias*, 17, 3, p. 359.
- Furió, C., Furió, C. (2000). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación Química*, 11, 3, p. 300.
- Gabel, D. (1999). Improving teaching and learning through chemistry education research: a look to the future. *Journal of Chemical Education*, 76, 4, p. 548.
- Gabel, D. (2000). Theory-based teaching strategies for conceptual understanding of chemistry. *Educación Química*, 11, 2, p. 236.
- García, A., Bertomeu, J.R., 1998. Lenguaje, ciencia e historia: una introducción histórica a la terminología química. *Alambique*, 17, p. 20.
- García Vázquez, R.M., Favieres, A. (1995). Aprender y enseñar problemas de física y química. *Alambique*, 5, p. 46.
- Garnett, P.J., Garnett, P.J., Hackling, M.W. (1995). Students' alternatives conceptions in chemistry: a review of research and implications for teaching and learning, *Studies in Science Education*, 25, p. 69-95.
- Garret, R. M. (1995). Resolver problemas en la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 5, p. 6.
- Garriz, A. (1994). Ciencia-tecnología-sociedad. A diez años de iniciada la corriente. *Educación Química*, 5, 4, p. 217.
- Garriz, A. (1999). La química en la segunda mitad del siglo XX. *Educación Química*, 10, 1, p. 13.
- Gil, D., Martínez Torregrosa (1987). *La resolución de problemas de física. Una didáctica alternativa*. Barcelona. Vicens Vives.
- Gil, D., Pessoa, A.M. (2000). Dificultades para la incorporación a la enseñanza de los hallazgos de la investigación e innovación en didáctica de las ciencias. *Educación Química*, 11, 2, p. 244.
- Gómez-Crespo, M.A. (1993). *Materiales didácticos. Química. Bachillerato*. MEC. Madrid.
- Gómez-Crespo, M.A., Gutiérrez, M.S., Martín Díaz, M.J., (1998), Un enfoque para la química del bachillerato. El proyecto Salters. *Actas del I Congreso Iberoamericano de Educación en Ciencias Experimentales*. La Serena. Chile. Julio de 1998. Libro de Actas. Sección de Química, p. 24.
- Grup Recerca (1982). La tabla periódica de los elementos: una introducción histórica mediante un método activo. *Cuadernos de Pedagogía*, 90, p. 57.
- Grup Recerca (1983) ¿Cómo establecer el concepto de ión? Un estudio de los iones en disolución. *Cuadernos de Pedagogía*, 102, p. 66.
- Grupo Recerca-Faraday (1988). *Química Faraday*. Libro del alumno y Guía del profesor. Teide. Barcelona.
- Grupo Salters (Caamaño, A., Llopis, R., Martín Díaz, M.J. (coordinadores)) (1997), El proyecto Química Salters para el nuevo bachillerato, *Actas del V Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias*. Murcia. Setiembre 1997.
- Grupo Salters. (1999). Proyecto Química Salters. *Cuadernos de Pedagogía*, n. 281, p. 68.
- Hernández, J., Solbes, J. (1992). *Materiales didácticos. Física y Química. Bachillerato*. MEC. Madrid.
- Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in science. *School Science Review*, 70, 256, p. 33.
- Hodson, D. (1992). Redefining an reorienting practical work in school science. *School Science Review*, 73, 264, p. 65.
- Herron, J.D. et al. (1986,1987). A philosophy of teaching chemistry –part 1, 2 y 3. *Chem13News*, (octubre 1986, enero 1987, febrero 1987).
- Herron, J. D., Nurrenbern, S.C. (1999). Chemical education research: improving chemistry learning. *Journal of Chemical Education*, 76, 10, p. 1355.
- Izquierdo, M. (1990). Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias, *Alambique*, 8, p. 7.
- Kempa, R.F. (1986). Resolución de problemas de química y estructura cognoscitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 4, 2, p. 99.
- Lemke, J.L. (1997). *Aprender a hablar ciencia*. Paidós. Madrid.
- Llopis, R. (1997). La química del siglo que viene. *Impresiones* (revista trimestral del British Council en España).
- 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*. Tesis docotoral. Universidad de Valencia.
- Llorens, J.A. (1991). *Comenzando a aprender química*. Madrid. Aprendizaje-Visor.
- Martín del Pozo, R. (1994). *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. (1998). La construcción didáctica del concepto de cambio químico. *Alambique*, 17, p. 65.
- Martín-Díaz, M.J. (1998). A favor de la ciencia y, por tanto, de las humanidades. *Cuadernos de Pedagogía*, 272, setiembre.
- Martín-Díaz, M.J., Bacas, P., (1996). El currículum actual en ciencias y la incorporación de nuevos temas. *Alambique*, 10, p. 11.
- Martins, I. (ed.) (2000). Actas del seminario: *O movimento CTS na Península Ibérica*. Departamento de Didáctica y Tecnología Educativa. Universidad de Aveiro. Asociación Española de Profesores e Investigadores en Didáctica de las Ciencias Experimentales. Aveiro.
- Medir, M. (1995). El proyecto APQUA. *Alambique*, 3, p. 53.
- Membiola, P. (1995). Ciencia-tecnología-sociedad en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias experimentales. *Alambique*, 3, p. 7.
- Millar, R., Osborne, J., Nott, M. (1998). Science education for the future, *School Science Review*, 80, 291, p. 19.
- Nakhleh, M.B. (1992). Why some students don't learn chemistry? Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69, 3, p. 191.
- Ogborn, J., Gunther, K., Martins, I., McGillicuddy, K. (1998). *Formas de explicar. La enseñanza de las ciencias en secundaria*. Santillana. Madrid.
- Oñorbe, A. (1989). Solo ante el problema. *Cuadernos de Pedagogía*, 175, p. 12.
- Oñorbe, A., Sánchez, J.M. (1992). La masa no se crea ni se destruye, ¿estás seguros? *Enseñanza de las Ciencias*, 10, 2, p. 165.

- Oñorbe, A.M., de Anta, G., Favieres, A., García-Vázquez, R.M., Manrique, M.J., Ruiz, M.L. (1993). *Resolución de problemas de física y química*. Akal. Madrid.
- Perales, F.J. (2000). *La resolución de problemas*, Síntesis. Madrid.
- Posada, J.M. (1993). Concepciones de los alumnos de 15-18 años sobre la estructura interna de la materia en el estado sólido. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 1, p. 12.
- Posada, J.M. (1999). Concepciones de los alumnos sobre el enlace químico antes, durante y después de la enseñanza formal. Problemas de aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 17, 2, p. 227.
- Posada, J.M. (2000). Problemas y soluciones didácticas para abordar el enlace químico. *Alambique*, 26.
- Pozo, I. et al. (1994). *La solución de problemas*. Madrid. Santillana.
- Pozo, I. Gómez Crespo, M.A., Limón, M., Sanz, A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: Las ideas de los adolescentes sobre la química*. Madrid. CIDE. Servicio de Publicaciones del MEC.
- Pozo, J.I., Gómez-Crespo, M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Morata.
- Prieto, T., Blanco, A., Visión escolar de la naturaleza y estructura de la materia. *Alambique*, 26, octubre.
- Pozo, I., Postigo, Y., Gómez-Crespo, M.A. (1995). Aprendizaje de estrategias para la solución de problemas de ciencias. *Alambique*, 5, p. 16.
- Prieto, T., Blanco, A. (2000). Visión escolar de la naturaleza y estructura de la materia. *Alambique*, 26, p. 75.
- Quílez, P.J. (1998). Dificultades semánticas en el aprendizaje de la química: el principio de Le Chatelier como ejemplo paradigmático. *Alambique*, 17, p. 105.
- Royal Society of Chemistry (2000). *Cutting edge chemistry*. Royal Society of Chemistry. Londres.
- Sánchez Jiménez, J.M. (1995). Comprender el enunciado. Primera dificultad en la resolución de problemas. *Alambique*, 5, p. 37.
- Sanger, M.J., Greenbowe, J. (1997). Students' misconceptions in electrochemistry: current flow in electrolyte solutions and the salt bridge. *Journal of Chemical Education*, 74, 7, p. 819.
- Sanmartí, N. (1989). *Dificultats en la comprensió de la diferenciació entre els conceptes de mescla i compost*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Sanmartí, N., Jorba, J. (1995). Autorregulación de los procesos de aprendizaje y construcción de conocimientos. *Alambique*, 4, p. 59.
- Sanmartí, N. (1997). Enseñar a elaborar textos científicos en las clases de ciencias. *Alambique*, 12, p. 51.
- Sanmartí, N., Izquierdo, M., García, P. (1999). Hablar y escribir. Una condición necesaria para aprender ciencias. *Cuadernos de Pedagogía*, 281, p. 54.
- Solbes, J. (1998). El tiempo y otros nuevos problemas en la enseñanza de la física y química. *Alambique*, 18, p. 107.
- Solbes, J. (1999). La enseñanza de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria: algunos problemas y sus posibles soluciones. *Cuadernos de Pedagogía*, n. 281, p. 48.
- Solbes, J., Vilches, A. (2000). La introducción de las relaciones ciencia, tecnología y sociedad en la enseñanza de las ciencias y su evolución. *Educación Química*. Aceptado para su publicación en el 2000.
- Solsona, N. (1997). L'emergència de la interpretació dels fenòmens químics. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Solsona, N., Izquierdo, M. (1998). La conservación del elemento, una idea inexistente en el alumnado de secundaria. *Alambique*, 17, p. 76.
- Stanitski, C., (2000). Chemcom after a decade: a look backward and forward. *Educación Química*, 9, 5, p. 274.
- Stravidou, H., Solomonidou, C. (1998). Conceptual reorganization and the construction of the chemical reaction during secondary education. *International Journal of Science Education*, 20, 2, p. 205.
- Sutton, C. (1997). Ideas sobre las ciencia e ideas sobre el lenguaje. *Alambique*, 12, p. 8.
- Toplis, R. (1998). Ideas about acids and alkalis. *School Science Review*, 80, 291, p. 67.
- Treagust, D., Duit, R., Nieswandt, M. (2000). Sources of students' difficulties in learning chemistry. *Educación Química*, 11, 2, p. 228.
- Valcárcel, M.V., Sánchez, G., Ruiz, M. (2000). El estudio del átomo en la educación secundaria. *Alambique*, 26, p. 83.
- Vilches, A. (1999). El contexto ciencia-tecnología-sociedad. *Cuadernos de Pedagogía*. núm. 281, junio, p. 64.
- Vos, W., Verdonk, A.H. (1985, 1986, 1987). A new road to reactions. *Journal of Chemical Education*. Part 1 (1985, vol. 62, n. 3, p. 239), part 2 (1985, vol. 62, n. 8, p. 239), part 3 (1986, vol. 63, n.11, p. 972), part 4 (1987, vol. 64, n. 8, p. 692), part 5 (1987, vol. 64, n.12, p. 1010).
- Vos, W., Van Berkel, B., Verdonk, A.H. (1994). A coherent conceptual structure of the chemistry curriculum. *Journal of Chemical Education*.
- VVAA, (1994 a). Monográfico: Los trabajos prácticos. *Alambique*, n. 2.
- VVAA (1994 b). La reacción química. *ASTER*, n.18.
- VVAA (1994c). Monográfico: Las ciencias de la naturaleza en la Educación Secundaria, ¿un área común o varias disciplinas distintas?, *Infancia y Aprendizaje*, n. 65.
- VVAA, (1995 a). Monográfico: La educación CTS. *Alambique*, n. 3.
- VVAA (1995 b). Monográfico: La resolución de problemas, *Alambique*, n. 5.
- VVAA, (1995 c). Monográfico: Lenguaje y ciencias experimentales, *Aula*, n. 43.
- VVAA (1997). Monográfico: Lenguaje y comunicación. *Alambique*, n.12.
- VVAA (1998 a). Monográfico: Terminología científica / Cambio químico. *Alambique*, n. 17.
- VVAA (1998 b). Monográfico: La reforma ciencia-tecnología-sociedad en México-EUA-Canadá, *Educación Química*, 9, 5.
- VVAA (1999). Monográfico: La química del siglo XX y lo que nos depara para el siglo XXI, *Educación Química*, 10, n. 1 y 2.
- VVAA (2000a). Monográfico: La educación química en Latinoamérica, *Educación Química*, 11, 1.
- VVAA (2000 b). Monográfico: Museos de ciencias/La estructura de la materia, *Alambique* n. 26.
- VVAA (2000c). Monográfico: La Tierra como sistema/Las ciencias en la ESO, *Alambique*, n. 27.
- Woolnough, B (ed.) (1991). *Practical Science. The role and reality of practical work in school science*. Open University. ■

Direcciones de contacto Grupo Salters

Grupo Salters de Madrid. M^a Jesús Martín-Díaz, IES Antonio Machado, C/Alfonso Fernández, s/n, 28044 Madrid. Teléfono: (91) 508 5940. Fax: (91) 508 0321. E-mail: mmarti77@encina.pntic.mec.es

Grupo Salters de Valencia. Rafel Llopis, U. D. Química, EUITA, Universidad Politécnica de Valencia, Avda. Blasco Ibáñez 21, 46101 Valencia. Teléfono: (96) 387 7645. Fax: (96) 387 7149. E-mail: rlllopis@txp.upv.es

Grupo Salters de Cataluña. Aureli Caamaño, Col·legi de Drs. i Llicenciats de Catalunya, Rba. Catalunya, 8, pral, 08007 Barcelona. Teléfono: (93) 317 0428. Fax: (93) 412 4907. E-mail: acaamano@pie.xtec.es.