

Retos del currículum de química en la educación secundaria. La selección y contextualización de los contenidos de química en los currículos de Inglaterra, Portugal, Francia y España

Aureli Caamaño*

Abstract (*Challenges of chemistry curriculum in secondary education. The selection and contextualization of chemistry contents in curricula from England, Portugal, France and Spain*)

Chemistry curriculum has deserved important changes to adjust it to the new objectives of secondary education, the social changes and the new results of educational research. In this paper the recent changes of orientation in science and chemistry education are highlighted; the recent challenges of secondary school chemistry education and mainly those related with the selection and contextualization of contents are analyzed. Those criteria of selection and contextualization are finally contrasted with four countries secondary chemistry curricular contents (England, Portugal, France and Spain).

¿Qué química se ha enseñado en la educación secundaria en las últimas décadas?

La enseñanza de la química en la educación secundaria ha atravesado en las últimas décadas, como otras materias científicas, distintas etapas por lo que se refiere a la formulación de sus finalidades, contenidos y métodos didácticos. En los años cincuenta y sesenta estaba centrada en el conocimiento descriptivo de las propiedades de las sustancias y de sus reacciones químicas, y en la obtención y aplicaciones de los productos químicos.

Los años setenta y ochenta supusieron un cambio importante en el enfoque de la enseñanza de la química, al potenciarse los aspectos conceptuales y ponerse el énfasis en los principios químicos (estructura atómica y molecular, termoquímica, equilibrio químico, etc.) y en los procesos que conducen al conocimiento científico. Estos cambios pretendían mejorar la preparación científica de los estudiantes de ciencias para proseguir futuros estudios superiores. Desde el punto de vista didáctico implicaron una valoración de los procedimientos de la ciencia y del trabajo experimental, en el marco de un modelo didáctico de descubrimiento orientado. Durante esta época se elaboraron proyectos como los proyectos estadounidenses *Chemical Bond Approach* (CBA), traducido al español con el título de *Sistemas Químicos* (1966) y *CHEM (Chemistry - An experimental Science)*, traducido al español como *Química: una ciencia experimental* (1972), y los proyectos ingleses de la fundación Nuffield: *Curso Modelo de Química* (1969-1973), para la educación secundaria obligatoria, y *Química Avanzada Nuffield* (1974-76), para el bachillerato.

La difusión de estos proyectos tuvo gran influencia en los enfoques más innovadores para la enseñanza de la química en muchos países en la década de los ochenta. En España destaca en esa época el proyecto *Química Faraday* (Grup Recerca-Faraday, 1988), basado en una secuenciación conceptual de

Introducción

El currículum de química ha sufrido en estas últimas décadas cambios importantes para adecuarse a los nuevos objetivos de la educación secundaria, a los cambios sociales y a los resultados de la investigación didáctica. En este artículo se destacan los cambios de orientación que se han venido produciendo en estos últimos años en la enseñanza de las ciencias, y de la química en particular, los retos actuales que tiene planteados la química en la educación secundaria y, especialmente, aquellos que hacen referencia a la selección y contextualización de los contenidos. Los criterios de selección y contextualización de los contenidos que se apuntan se contrastan finalmente con los contenidos de los currículos actuales de química de secundaria de cuatro países: Inglaterra, Portugal, Francia y España.

* Centro de Documentación y Experimentación en Ciencias y Tecnología / IES Barcelona-Congrés. Barcelona (España).
Correo electrónico: acaamano@xtec.net

la química inspirada en la evolución histórica de los conceptos y modelos químicos y en la importancia del trabajo experimental.

En la década de los 90 la reforma de los sistemas educativos de muchos países abrió un periodo de renovación de los objetivos y contenidos de la enseñanza de las ciencias y de la química en particular. En esta época se han elaborado proyectos de química basados en el contexto, como el proyecto estadounidense *QuimCom* (Química en la Comunidad) o el proyecto inglés *Salter's Advanced Chemistry*, que ha sido adaptado en diferentes países (Grupo Salter's 1999; Pillingy Waddington, 2005; Caamaño, Gómez Crespo, Gutiérrez Julián, Llopis, Martín-Díaz, 2001).

En los primeros años de 2000 muchos países han proseguido procesos de reforma de los sistemas educativos y de revisión del currículum de ciencias, poniendo el énfasis en la adquisición de competencias y de niveles satisfactorios de alfabetización científica para todo el alumnado. Todo ello está teniendo claras repercusiones en los objetivos del currículum de ciencias y de química en la educación secundaria obligatoria y en el bachillerato, como veremos a continuación.

Análisis de la situación actual del currículum de ciencias en la educación secundaria

Un análisis de la situación actual de la enseñanza de las ciencias revela que muchos alumnos fracasan especialmente en las asignaturas de ciencias, cuyos contenidos ven difíciles, abstractos y alejados de los problemas reales. Los recientemente publicados resultados del Informe PISA 2003 muestran que la formación científica de los estudiantes españoles que han participado en este proyecto de evaluación internacional se encuentra por debajo de la media del conjunto de países participantes. Lo cierto es que, a pesar de los cambios que se han introducido en los últimos años, muchos currícula continúan presentando la ciencia como un cuerpo de conocimientos objetivo y libre de valores, como una sucesión de hechos descontextualizados que es necesario aprender, sin que se explicita claramente el valor que estos conocimientos puedan tener en la vida futura de los estudiantes.

Cada vez más se está cuestionado si este currículum es realmente el más adecuado para la mayoría de los estudiantes de la enseñanza secundaria obligatoria (12-16) e incluso para los del bachillerato (17-18 años). Se ha destacado su falta de relevancia

para mostrar la ciencia tal como se presenta en la vida cotidiana y en los medios de comunicación, y las escasas oportunidades que ofrece a los estudiantes para que puedan expresar sus opiniones respecto de temas científicos actuales (Millar, Osborne, 2000; Osborne, 2002). El currículum actual no parece preparar a los estudiantes para comprender los temas científicos y tomar parte, como ciudadanos con criterio, en los debates científicos con los se encontrarán en sus vidas. Hay un énfasis excesivo en enseñar "hechos", que restringe la capacidad de los profesores y estudiantes para explorar de forma creativa enfoques actuales de aprender ciencias. No es sorprendente que ello tenga un efecto negativo en el interés de los estudiantes por las ciencias, tanto durante sus estudios de la enseñanza secundaria obligatoria como después de finalizarlos, y que haya una considerable preocupación por la disminución de alumnos inscritos en los cursos de ciencias en el bachillerato, especialmente en física y en química, y por la disminución de alumnos que optan por carreras científicas.

Si partimos de la idea que la educación científica de los individuos, así como en cualquier otro campo, ha de ser un proceso continuado a lo largo de toda una vida, la educación formal debería de tener como orientación básica la de preparar a los individuos en los saberes básicos y competencias que les permitan continuar el proceso de aprendizaje. Definir cuáles son estos saberes y competencias en la educación en ciencias no es tarea fácil ni está libre de polémicas. En este sentido puede ser útil tener en cuenta la definición que adopta el proyecto PISA para la formación o capacidad científica (término equivalente al de «literacia científica» o «alfabetización científica»): «la capacidad de utilizar el conocimiento científico para identificar preguntas y obtener conclusiones a partir de pruebas, con la finalidad de comprender y ayudar a tomar decisiones sobre el mundo natural y los cambios que la actividad humana producen en él.

En el proyecto PISA se considera que los estudiantes han de estar preparados para participar en sociedades más influidas que las actuales por los avances científicos y tecnológicos. Por tanto, han de estar preparados para la comprensión de la naturaleza de la ciencia, de sus procedimientos, de sus puntos fuertes y de sus limitaciones, así como del tipo de preguntas a las cuales la ciencia puede responder. También considera importante que los estudiantes sean capaces de argumentar y comunicar eficazmen-

te sus conocimientos a audiencias concretas y que puedan tener opinión y participar en los temas que se discuten en la sociedad.

Es preciso, pues, plantearse un currículum que se proponga como objetivo prioritario la alfabetización científica de los estudiantes. Un currículum escolar de “ciencia para todos”, como el que corresponde al objetivo de una alfabetización científica de todos los ciudadanos, debe promover la comprensión de determinados conceptos científicos, pero esta comprensión debe ser amplia y centrada en las explicaciones esenciales que proporcionan la estructura conceptual necesaria para dar sentido a la ciencia que nos rodea. Muchos de los contenidos actuales en las asignaturas de ciencias de la enseñanza secundaria obligatoria no se ajustan a esta visión y son probablemente perfectamente prescindibles. Por otro lado, su enseñanza se realiza de una forma muy poco contextualizada.

En este sentido nos parece interesante prestar atención al siguiente comentario de Bennett y Holman (2002) sobre las ideas o explicaciones científicas que deberían permanecer en el currículum escolar:

El mayor reto está por delante: el desarrollo de un currículo que promueva la alfabetización científica... que satisfaga las necesidades de todos los estudiantes; los generalistas y los especialistas. Un currículo para la alfabetización científica y representa el paso siguiente en el movimiento educativo centrado en el contexto. Para ello se requiere un enfoque completamente diferente. No es asunto de preguntarse qué aspectos del contexto pueden utilizarse para ilustrar o desarrollar aquellas ideas científicas presentes en un cuerpo preexistente de conocimiento científico. Es necesario preguntarse qué explicaciones científicas e ideas acerca de la ciencia son necesarias para que los estudiantes le den sentido a su vida futura en un mundo dominado por la ciencia y excluir rigurosamente todo aquello que no cumpla este criterio de selección.

Estas consideraciones están dirigidas al currículum de ciencias de la educación secundaria obligatoria, pero en parte también son aplicables al bachillerato. A pesar de que en el bachillerato las asignaturas de ciencias han de tener evidentemente objetivos disciplinares mucho más definidos que en la enseñanza secundaria obligatoria, también deberían contemplar objetivos de formación científica del estilo de los

planteados en el proyecto PISA, que ayudaran a la formación de una cultura científica de los estudiantes en un sentido más amplio del que se le da actualmente. Por otro lado, en esta etapa educativa se hace cada vez más imprescindible abordar las ciencias de forma contextualizada, de manera que los estudiantes puedan adquirir conciencia de la utilidad y aplicabilidad de los contenidos científicos que estudian, así como de la naturaleza y de las implicaciones sociales de la ciencia.

Aspectos curriculares que deberían replantearse en la educación química en secundaria

Si analizamos el currículum actual de química en la educación secundaria desde el punto de vista de las finalidades que habría de tener la educación científica, tal como acabamos de exponer, y de las propuestas didácticas que la investigación didáctica viene realizando en estos últimos años podemos identificar los siguientes problemas:

- Los contenidos conceptuales de química se presentan frecuentemente descontextualizados de las evidencias experimentales, de su génesis histórica y de sus aplicaciones en la vida cotidiana.
- No se presta suficiente atención a la comprensión de la naturaleza de la química; es decir, de los procesos de modelización y experimentación a través de los cuales se obtiene el conocimiento químico.
- Muchos contenidos se encuentran muy alejados de los intereses de los alumnos y de los problemas que intentan resolver los profesionales de la química en la actualidad y de los métodos que utilizan.
- No se contempla el carácter humanístico de la química ni sus implicaciones sociales.
- Se tienen poco en cuenta los puntos de contacto con el resto de asignaturas de ciencias: física, biología y ciencias de la Tierra.
- Se utilizan métodos didácticos en que se favorece poco la participación del alumnado y el trabajo en grupo.
- Se dedica muy poco tiempo a la realización e interpretación de experiencias y a la planificación y realización de investigaciones escolares.
- Se trabajan poco las habilidades comunicativas: definir, interpretar, argumentar, sacar conclusiones, redactar un informe, presentar un trabajo oralmente, participar en un debate, etc.
- Se hace un uso muy reducido de las TIC.

- Se utilizan métodos de evaluación excesivamente centrados en describir hechos y en la resolución de problemas numéricos.

Para conseguir un currículum de química más relevante y acorde con las finalidades de la educación científica citadas anteriormente creemos que es importante:

- Replantearse gran parte de los contenidos actuales de la química, evaluando su relevancia en función de las finalidades de la educación en ciencias antes citadas (Gabel, 1998; Caamaño 2001a; Caamaño y Izquierdo, 2003; Gómez Crespo *et al.*, 2003; Mahaffy, 2004).
- Contextualizar los contenidos de química en relación a aspectos de la vida cotidiana, necesidades sociales (alimentación, vestido, medicina, limpieza, higiene, cosmética, recursos energéticos, etc.) y temas medioambientales.
- Secuenciar los contenidos de la forma más adecuada para la comprensión de los conceptos y modelos químicos.
- Introducir los conceptos y los modelos químicos de forma progresiva, teniendo en cuenta la relación existente entre los problemas teóricos que dan lugar a su elaboración y las evidencias experimentales.
- Adoptar nuevas estrategias de enseñanza que tengan en cuenta las dificultades de aprendizaje de los estudiantes, y sus motivaciones y expectativas académicas y profesionales.
- Actualizar el enfoque con que se realiza el trabajo experimental, permitiendo la observación e interpretación de fenómenos, promoviendo el aprendizaje de los procedimientos de investigación y planificándolo como un instrumento imprescindible en la elaboración de los modelos químicos escolares (Caamaño, 2005).
- Incorporar el uso de las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación en las clases de química y en el trabajo de los estudiantes fuera del aula.
- Introducir una evaluación reguladora de los aprendizajes de los estudiantes que ejerza realmente una función formativa en su aprendizaje.
- Implicar más abiertamente al profesorado en el proceso de renovación del currículum y renovación metodológica, así como en el conocimiento de los resultados de la investigación didáctica en química (Gabel, 1999; Gilbert *et al.*, 2004).

Abordaremos a continuación tres de los aspectos señalados, especialmente interrelacionados: la selección, la contextualización y la secuenciación de los contenidos básicos del currículum de química.

¿Cuáles son los contenidos básicos de la química que deberían mantenerse y cuáles deberían ser replanteados?

Es evidente que existe un gran consenso para reducir los contenidos disciplinares de la química en la educación secundaria, y en particular, en el bachillerato. En efecto, si se desea una mayor comprensión de los conceptos y de los procedimientos de la química y dar cabida a los contenidos CTS, deben reducirse los contenidos conceptuales o, en algún caso, ser tratados a un nivel más cualitativo. La pregunta es entonces: ¿qué criterios debemos utilizar para seleccionar o ponderar la importancia relativa de los contenidos conceptuales que deben figurar en el currículum? Una selección adecuada de los contenidos de química requiere tener en cuenta su importancia en la estructura lógica de la disciplina, su potencial explicativo, su nivel de complejidad y su relevancia funcional y social. En los apartados siguientes intentaremos aportar algunas reflexiones sobre cada uno de estos criterios.

Conceptos necesarios desde el punto de vista de la disciplina y grado de profundidad con que deben ser abordados

Diferentes autores han propuesto los contenidos conceptuales básicos que creen que deberían formar la estructura disciplinar de la química en el currículum (Gillespie, 1997; Gárritz 1998; Caamaño, 2003; Atkins, 2005). La mayor parte de estas propuestas se encuentran recogidas en un reciente artículo de *Educación Química* (Padilla, 2006). Añadimos la propuesta de Atkins (2005) no recogida en este artículo. Este autor propone nueve ideas centrales a partir de las cuales construir el currículum de química: La materia es atómica; los elementos presentan periodicidad en sus propiedades; los enlaces químicos se forman cuando se aparean los electrones; la forma de las moléculas; las fuerzas intermoleculares; la energía se conserva; la entropía tiende a aumentar; hay barreras energéticas para que tengan lugar las reacciones; únicamente existen cuatro tipos de reacciones: transferencia de protones (reacciones ácido-base), transferencia de electrones (reacciones redox), compartición de electrones (reacciones entre radicales) y compartición de pares de electrones (reacciones ácido-base de

Lewis). En resumen las propuestas de estos autores abarcan conceptos y teorías claves como: la materia a nivel macroscópico (sustancias, mezclas, soluciones, dispersiones, etc.); la materia a nivel atómico (átomos, moléculas e iones); la teoría atómico-molecular; los modelos atómicos; el enlace químico y las fuerzas intermoleculares; la forma de las moléculas; la teoría cinético-molecular; la periodicidad de las propiedades de los elementos; la reacción química; la cantidad de sustancia; la energía y la entropía de las sustancias y de las reacciones químicas; el equilibrio químico; la velocidad y el mecanismo de las reacciones; los diferentes tipos de reacciones químicas: ácido-base, redox, precipitación y formación de complejos; la química de algunos grupos de la tabla periódica; la química del carbono, etc.

Efectivamente toda esta serie de conceptos y teorías son especialmente importantes en la estructura de la química como disciplina. Sin embargo, algunos de estos contenidos básicos de química pueden estar siendo presentados en los diseños curriculares oficiales y en los libros de texto mediante aproximaciones que se han quedado obsoletas. En otros casos el mantenimiento de teorías excesivamente complejas o la priorización de los aspectos cuantitativos por delante de los cualitativos son elementos que deberían ser revisados. Veamos algunos ejemplos, tomados de la experiencia del currículum de química en España.

La presentación de la teoría atómico-molecular a partir de las leyes ponderales (conservación de la masa, proporciones constantes y proporciones múltiples) y volumétricas de la reacción química, establecidas a principios del siglo XIX, se mantiene muchas veces sin cambio alguno en los sucesivos diseños curriculares de la química del bachillerato. La comprensión del papel que estas leyes jugaron en la consolidación de la teoría atómico-molecular tiene una gran importancia desde el punto de vista del desarrollo histórico de la química, pero puede resultar especialmente difícil a los estudiantes de hoy y muy lejos del contexto actual de la química. Se ha insistido mucho en la importancia de la historia de la ciencia como un instrumento para reflexionar sobre la naturaleza de la ciencia y de los conceptos, modelos y teorías que elabora, pero, aun estando totalmente de acuerdo con esta visión, de ahí no se deduce que sea aconsejable legislar de forma prescriptiva el uso de determinadas aproximaciones históricas para introducir conceptos que podrían ser contextualizados más adecuadamente haciendo re-

ferencia a conocimientos y técnicas químicas más actuales. Otra cuestión diferente es que se opte por utilizar los hechos y las hipótesis planteadas en la historia de la química como punto de partida para construir modelos químicos escolares adecuados, por ejemplo, sobre la naturaleza atómico-molecular de la materia. Lo que queremos decir es que estamos de acuerdo con la aproximación histórica como método didáctico de construcción de los modelos, pero no como contenido prescriptivo en el currículum.

El estudio detallado de las propiedades atómicas (volumen, energía de ionización, electroafinidad, etc.) y de los modelos de enlace basados en la hibridación de orbitales atómicos y en los orbitales moleculares, son contenidos muy disciplinares que podrían muy bien ser eliminados del currículum de química de secundaria, dada su escasa relación directa con fenómenos naturales y aplicaciones de la química. De hecho, la teoría de la repulsión de pares de electrones es mucho más simple y presenta una capacidad predictiva de la geometría de las moléculas más que suficiente. Por el contrario, la naturaleza de las fuerzas intermoleculares (fuerzas dipolo-dipolo y fuerzas de dispersión) y de los enlaces de hidrógeno muchas veces no es tratada con la profundidad que estos conceptos se merecen, dada su potencialidad para explicar propiedades físicas de las sustancias moleculares, como la temperatura de fusión, la temperatura de ebullición y la solubilidad.

La formulación de las sustancias y la escritura de las ecuaciones químicas de las reacciones se realiza frecuentemente sin que los estudiantes tengan un conocimiento suficiente de la estructura de las sustancias (molecular o estructura gigante) y de los tipos de unión que se establecen entre los átomos, los iones o las moléculas. El conocimiento estructural de las sustancias y el modelo cinético-molecular debería ocupar un mayor espacio en el currículum, mientras que, por el contrario, creemos que en la actualidad se realiza un tratamiento excesivamente complejo de los modelos sobre la estructura del átomo y las teorías cuánticas del enlace químico.

La importancia que tuvieron las propiedades coligativas de las soluciones como método de determinación de las masas moleculares de las sustancias sólidas o líquidas ha quedado obsoleta, puesto que éstas se determinan actualmente a través de la espectroscopía de masas. Es posible, sin embargo, que continúe siendo interesante referirse a ellas para explicar fenómenos naturales como la disminución

del punto de congelación de las soluciones o la ósmosis.

Los aspectos cinéticos de la reacción química son tratados normalmente con menor profundidad que los termoquímicos o los de equilibrio; sin embargo, son de una gran importancia para comprender los procesos moleculares a través de los cuales tienen lugar las reacciones químicas.

La espontaneidad de las reacciones químicas suele predecirse de forma mecánica en función de la variación de la entalpía libre de las reacciones, sin que muchas veces se aborde una aproximación general de la variación de la entropía del conjunto de la reacción y sus alrededores. Tampoco se atiende suficientemente a la comprensión de los factores moleculares que condicionan el valor de la entropía de las sustancias.

Conceptos necesarios para comprender aspectos o aplicaciones de la química

Un buen criterio de selección de los contenidos conceptuales, complementario del de la lógica disciplinar, puede ser preguntarse por cuáles son los conceptos que son necesarios para comprender los temas de química aplicada que se desean tratar durante el curso. 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 y uso de fertilizantes, el diseño de nuevos fármacos, el origen del agujero de la capa de ozono o el incremento del efecto invernadero (Caamaño 2001a).

Veamos algunos ejemplos concretos de aplicación del criterio de selección 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 actual de la 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 acción de los

clorofluorocarbonos, podemos 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.

Las disoluciones reguladoras del pH pueden ser un aspecto que no dé tiempo a abordar en el estudio de los equilibrios ácido-base, pero en cambio desempeñan un papel muy importante en la química de los seres vivos y en el estudio de las reacciones enzimáticas. Quizá no sea preciso saber calcular el pH de estas disoluciones, pero sí comprender la forma en que actúan para poder mantener el pH casi constante.

Las reacciones de formación de complejos pueden considerarse un tipo de reacciones no abordable en el tiempo disponible en el currículum de química de secundaria; sin embargo, su conocimiento resulta imprescindible si se quiere comprender la estructura de algunas macromoléculas biológicas tan importantes como la hemoglobina o la clorofila, o aplicaciones cotidianas o industriales de tanto interés como la eliminación de la dureza del agua mediante la formación de iones complejos.

Los ejemplos que acabamos de comentar pueden bastar para evidenciar que la decisión sobre si un contenido conceptual debe o no estar presente en el currículum, depende en gran parte de su relevancia para comprender fenómenos y aspectos importantes relacionados con el medio ambiente, la vida cotidiana y la sociedad. Y que en muchos casos la cuestión no radica tanto en decidir su permanencia o supresión sino en precisar el grado de profundidad con que debería ser tratado, de acuerdo con los objetivos que se pretenden.

Incorporación de nuevos contenidos relacionados con las aplicaciones actuales de la química

A lo largo del siglo XX la química ha realizado avances importantes en la síntesis de nuevas sustancias, la determinación de estructuras más complejas, el descubrimiento de nuevos catalizadores, la obtención de polímeros y de nuevos materiales, y el conocimiento del cómo y el por qué tienen lugar las reacciones químicas, que han influido en muchos campos interdisciplinarios como las ciencias de la vida, las ciencias de la Tierra, la ciencia de los materiales, las ciencias del medio ambiente, etc. Si bien es cierto que los avances teóricos conseguidos y las nuevas técnicas experimentales utilizadas son

muy complejos y su transposición al currículum de secundaria no es fácil, no podemos olvidar que sus resultados son presentes cada vez más en los medios de comunicación (prensa, radio, TV, internet), en la literatura de divulgación científica y en los museos y exposiciones de ciencias. Es preciso, por tanto, su incorporación al currículum de química, para evitar que se produzca una separación cada vez mayor entre la ciencia escolar y la ciencia presente en la vida cotidiana, entre la ciencia que se enseña en la escuela y los conocimientos que los ciudadanos han de tener para poder comprender mínimamente los avances científicos y tecnológicos actuales y ser capaces de valorar críticamente las implicaciones sociales que comportan (Caamaño 2001b; Quílez 2005).

La introducción en el currículum de los nuevos avances científicos en el campo de la química y de sus aplicaciones prácticas y sus implicaciones sociales requiere realizar cambios importantes y adoptar estrategias que permitan superar las dificultades detectadas en las experiencias llevadas a cabo hasta el momento. Es necesario promover en el profesorado un conocimiento básico de los avances de la química en el siglo XX y de las áreas de investigación de la química actual: la química del medio ambiente, la química agrícola, la química médica, la química farmacéutica, la química de los materiales, la química de los combustibles, la electroquímica, la química ambiental, la química de los alimentos, la química del color, la nanoquímica, etcétera. Y finalmente es preciso disponer de materiales y de propuestas didácticas realistas y contrastadas sobre cómo abordar la enseñanza de estos nuevos contenidos en el aula.

Contextualizar los contenidos de química

Contextualizar el currículum de química significa usar los contextos y las aplicaciones de la química como medio de desarrollar los conceptos e ideas de la ciencia o de justificar su importancia. Evidentemente, existe una variedad de interpretaciones del término “contexto” que puede incluir aplicaciones sociales, económicas, medioambientales, tecnológicas e industriales de la ciencia. En síntesis, podríamos decir que contextualizar la química es relacionarla con la vida cotidiana, actual y futura, de los estudiantes y hacer ver su interés para sus futuras vidas en los aspectos personal, profesional y social (Bennett & Holman, 2002; Caamaño & Izquierdo, 2003; Westbroek *et al.*, 2001; Bulte, de Jong, Pilot, 2005).

La manera de utilizar el “contexto” permite

diferenciar dos enfoques de enseñanza de las ciencias: en uno se parte de los conceptos para interpretar y explicar el contexto, y en otro se parte del contexto para introducir y desarrollar los conceptos. Este último enfoque, que se denomina “enfoque basado en el contexto” (o “las aplicaciones primero”) está siendo utilizado en los nuevos enfoques de la enseñanza de la ciencia e introducido, con diferente énfasis, en las reformas curriculares de muchos países.

Una de las ventajas que se aducen para promover este enfoque contextualizado de la educación científica es la mayor motivación que produce en el alumnado. Esta mayor motivación parece ser útil tanto para los alumnos de perfil más académico, creando mayor interés por las ciencias y aumentando el número de alumnos que siguen estudiando asignaturas de ciencias después de la educación secundaria obligatoria, como para los alumnos menos académicos, en los que aumenta su interés por una ciencia más conectada con su vida cotidiana, constituyendo así una estrategia fundamental para conseguir una más amplia alfabetización científica.

Un enfoque contextualizado resulta adecuado para abordar muchos conceptos químicos básicos con relevancia social, pero también es cierto que algunas áreas conceptuales son más difíciles de contextualizar que otras. La contextualización de las asignaturas de ciencias no es un tema de interés únicamente en la educación secundaria obligatoria, sino que son también muchos los proyectos de ciencias para el bachillerato que han adoptado este enfoque en asignaturas de química, de física, de biología y de ciencias de la Tierra.

Secuenciar los contenidos de la forma más adecuada

La importancia de una acertada secuenciación de los contenidos en el aprendizaje de las ciencias ha sido señalada por diversos autores (Pedrinaci y Del Carmen, 1997; Caamaño, 1998), que han propuesto diversos criterios de secuenciación. Son criterios generales de secuenciación:

- La elección de un contenido organizador, ya sean los conceptos o las aplicaciones de la química.
- La definición de las preguntas clave e ideas-eje en torno a las cuales estructurar la secuencia.
- El respeto a la estructura conceptual de la propia disciplina.
- La adecuación a la capacidad cognitiva de los alumnos.

- La consideración de los conceptos previos necesarios para poder comprender un concepto más complejo.
- La atención a los conocimientos previos (conceptos y procedimientos) y a las actitudes de los estudiantes.
- El desarrollo continuado y progresivo de las ideas y de los conceptos desde lo cualitativo a lo cuantitativo y de lo más simple a lo más complejo.

La elección de contenido organizador da lugar a los dos tipos de secuenciación más importantes: la secuenciación basada en los conceptos, que es la más usual, y la secuenciación basada en las aplicaciones de la química o en los contenidos CTS (ciencia-tecnología-sociedad) de química. La Química Salters (Grupo Salters, 1999; Burton *et al.*, 2000) secuencia los contenidos de química del bachillerato en relación a una serie de relatos que abordan aspectos de química aplicada y de química y sociedad. En este caso el orden con que son aprendidos los conceptos está subordinado a los temas que se abordan en los relatos, aunque éstos siempre tienen en cuenta los conocimientos conceptuales adquiridos por los estudiantes en las unidades anteriores.

El enfoque de “ciencia basada en el contexto” ofrece la oportunidad de poder revisar y profundizar determinados conceptos, al aparecer éstos en diferentes contextos a lo largo del curso, pero también implica una estructuración más fragmentada de estos conceptos. Los más escépticos respecto a este enfoque consideran que ello puede repercutir negativamente en el aprendizaje de los conceptos, mientras que los partidarios de este enfoque realzan las virtudes del currículum en espiral y el efecto positivo que la mayor motivación del enfoque contextualizado produce en el aprendizaje de los conceptos.

En la secuenciación basada en los conceptos se observan dos opciones antagónicas en el desarrollo del currículum de química: elaborar secuencias que presenten los conceptos ya elaborados, sin una relación explícita con los problemas que los suscitaron, o secuencias que potencien la comprensión del proceso de elaboración de los conceptos.

Estas dos opciones implican optar por iniciar la química con el estudio del mundo microscópico (átomos, configuración electrónica de los átomos, moléculas, enlace químico, etc.) y avanzar desde el nivel microscópico al macroscópico o, por el contrario, dar prioridad al mundo químico macroscópico e introducir progresivamente el mundo microscópi-

co como consecuencia de las hipótesis y teorías que se construyen para interpretar los hechos.

Si se opta por la segunda opción, el conocimiento de la evolución histórica de los conceptos es de una gran ayuda para establecer el hilo conductor de la secuencia (secuenciación histórico-conceptual). Ésta fue la opción seguida en el proyecto Química Faraday (Grup Recerca-Faraday 1988) y de proyectos curriculares recientes basados en la misma filosofía. Una orientación que intenta justificar la razón de ser de los conceptos nos lleva a una secuenciación parcialmente análoga a la evolución histórica de los mismos, pero que no supone un enfoque historicista rígido, puesto que lo que se pretende es aprenderlos desde una perspectiva evolutiva, no la historia exacta de su evolución. Lo importante es situar los conceptos en relación al problema que dio lugar a su aparición.

Otro criterio importante en la secuenciación es el denominado “principio del currículum en espiral”. De acuerdo con este criterio es conveniente retomar los conceptos básicos de una disciplina a lo largo de los diferentes cursos de cada etapa educativa, de manera que puedan ser revisados por estudiantes con niveles de comprensión y de conocimiento cada vez mayores. La aplicación de este criterio permite graduar el aprendizaje comenzando por los aspectos más cualitativos y simples, para ir incorporando progresivamente aspectos más formales y cuantitativos; por otro lado, permite aumentar progresivamente el significado de los conceptos, al poder relacionarlos con otras ideas y conceptos aprendidos en la misma u otras materias. Este criterio choca muchas veces en la práctica con la falta de tiempo para desarrollar los programas, por lo que a menudo el profesorado prefiere iniciar y finalizar áreas conceptuales en una única unidad didáctica.

Así pues, son posibles diferentes formas de secuenciar los contenidos de química: secuenciación a través de los conceptos, a través de los contenidos CTS, de carácter histórico-conceptual, de carácter mixto conceptual-CTS, dependiendo de las unidades, etcétera (Caamaño, 1998). Dado el gran número de criterios a tener en cuenta es evidente que la secuenciación es más un arte que una ciencia. Por eso sorprende que las secuenciaciones de los libros de texto no sean más variadas. El peso de la tradición escolar impide muchas veces explorar las ventajas que podrían tener nuevos tipos de secuenciaciones en los cursos de química.

Una mirada rápida por los currícula de química de Inglaterra, Portugal, Francia y España

La información que ofrecemos a continuación puede permitirnos comparar los contenidos de química de los currículos de diferentes países como Inglaterra y Gales, Portugal, Francia y España, así como de algunos proyectos recientes. Esta información puede ampliarse con la aparecida en los artículos publicados recientemente en *Educación Química* sobre los contenidos de los libros de química para el bachillerato (Quílez, 2005, Padilla, 2006), entre los cuales se encuentran los libros de texto de Quílez *et al.*, (2003) y Caamaño y Obach (2000) en España, el de Herron *et al.* (1997) en EUA, y el de Gárritz y Chamizo (2001) en México.

El currículum de química en Inglaterra y Gales

Inglaterra y Gales han iniciado un proceso de revisión del currículum de ciencias de los 14 a los 16 años, siguiendo las recomendaciones del informe *Beyond 2000. Science Education for the future* (Robin y Osborne 1998). Uno de los proyectos que se acaba de desarrollar es el *Twenty First Century Science*, elaborado por la Universidad de York y el *Nuffield Curriculum Centre* (Burden, 2005).

Los contenidos conceptuales de química del GCSE (certificado general de educación secundaria, que se obtiene a los 16 años) y de los dos años de bachillerato (*Advanced Subsidiary AS*, 17 años, y *Advanced level*, 18 años) están estructurados alrededor de los bloques que se muestran en el cuadro 1. Puede encontrarse mayor información sobre los programas del GCSE en la web del National Curriculum (2006) y en la de la *Assessment and Qualifications Alliance* (AQA, 2006), y sobre los programas de los niveles AS y A en la web de la *Qualifications and Curriculum Authority* (QCA, 2006). El currículum de química del bachillerato inglés se caracteriza por un equilibrio entre las diferentes partes de la química (química física, química inorgánica, química orgánica) y una gran importancia concedida al trabajo experimental. También por una estructura de currículum en espiral. Todo ello gracias en parte a una asignación horaria superior a la de otros países europeos, dado el menor número de asignaturas que cursan los estudiantes.

La posibilidad de elaborar diferentes programaciones que se ajusten al currículum oficial y de solicitar su aprobación a la *Qualifications and Curriculum Authority* (QCA), así como una prueba externa adaptada al proyecto aprobado, permite al sistema inglés poder realizar innovaciones con mayor facilidad que en otros países. El cuadro 2 muestra los

Cuadro 1. Contenidos de química del currículum inglés a los 12-16 años (GCSE) y a los 17 (AS level) y 18 años (A level).

GCSE (12-16 años)

Clasificación de materiales.

Sólidos, líquidos y gases. Elementos, compuestos y mezclas.

Estructura atómica e isótopos.

Cambios en los materiales.

Reacciones químicas. Química cuantitativa.

Cambios en la atmósfera. Productos útiles del aire. Cambios geológicos. Productos químicos a partir de las menas metálicas y de las rocas. Productos químicos a partir del petróleo.

Modelos de comportamiento.

Series de reactividad. Ácidos y bases. La tabla periódica.

Velocidades de reacción. Reacciones con enzimas. Reacciones reversibles. Transferencia de energía en las reacciones químicas.

Advanced Subsidiary (17 años)

Estructura atómica, enlace y periodicidad.

Estructura atómica. Cantidad de sustancia. Enlace. Periodicidad.

Química física y química inorgánica.

Cinética. Equilibrio. Reacciones redox. Halógenos. Extracción de metales.

Introducción a la química orgánica.

Petróleo y alcanos. Alquenos. Haloalcanos. Alcoholes.

Trabajo experimental (20 % del curso).

Advanced (18 años)

Ampliación de la química física y de química orgánica.

Equilibrio. Ácidos y bases. Nomenclatura e isomería orgánica. Aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos. Química aromática. Aminas. Aminoácidos. Polímeros. Síntesis orgánica. Determinación de estructuras.

Termodinámica química y ampliación de química inorgánica.

Termodinámica. Periodicidad. Equilibrio redox. Pilas. Metales de transición. Reacciones de compuestos iónicos en solución acuosa.

Trabajo experimental (20% del curso).

Cuadro 2. Unidades de la *GCSE Chemistry* del proyecto *Twenty First Century Science* (14-16 años). Reino Unido.

Calidad del aire.

Elección de materiales.

La comida es importante.

Modelos químicos.

Productos químicos en el medio natural.

Síntesis química.

Química para un mundo sostenible.

Cuadro 3. Unidades del proyecto *Salter's Advanced Chemistry* (17-18 años). Reino Unido**AS (17 años)**

- Los elementos de la vida.
- El desarrollo de combustibles.
- De los minerales a los elementos.
- La atmósfera.
- La revolución de los polímeros.
- ¿Qué es una medicina?

Visita a una industria química

A2 (18 años)

- El uso de la luz solar.
- Ingeniería de proteínas.
- La química del acero.
- Aspectos de agricultura.
- Color por diseño.
- Los océanos.
- Medicamentos por diseño.

Trabajo de investigación individual

Cuadro 4. Programa de química en la educación secundaria en Portugal.**Primer curso (16 años)**

De las estrellas a los átomos

- ¿De dónde provienen los elementos químicos?
- ¿Cómo se ha conocido la estructura de los átomos?
- ¿Qué relación hay entre la estructura atómica y la tabla periódica?
- La atmósfera de la Tierra. Radiación, materia y estructura.
- ¿Cuál ha sido la evolución de la atmósfera terrestre?
- ¿Cuáles han sido los cambios causados por la radiación solar?

Segundo curso (17 años)

- Química e industria: equilibrios y desequilibrios.
- Importancia social y económica de la industria química.
- Análisis de las consecuencias que las actividades industriales ocasionan en el planeta.
- Visita a una industria química : la industria del amoníaco.
- Factores de los cuales depende el equilibrio químico.
- De la atmósfera al océano: soluciones en la Tierra y para la Tierra.
- Sistemas acuosos naturales: aguas freáticas y agua del mar. Aguas para diferentes tipos de consumo.
- Solubilidad, química ácido-base, equilibrio químico, reacciones redox.
- Asimetrías que se producen en la distribución y calidad del agua en el mundo.

Tercer curso (18 años)

- Metales, enlaces y materiales composite.
- Combustibles, energía y ambiente.
- Plásticos, vidrios y nuevos materiales.

contenidos de química del proyecto *Twenty First Century Science* para la etapa de 14 a 16 años, que engloba unidades comunes para todos los alumnos y unidades de ampliación de tipo conceptual. El cuadro 3 muestra las unidades del proyecto *Salter's Advanced Chemistry* (Burton *et al.*, 2000), un proyecto basado en el contexto, que se estructura a través de una serie de relatos químicos, y que consta además de un libro de conceptos, un dossier de actividades prácticas y una guía didáctica.

El nuevo currículum de química en Portugal

En Portugal la educación básica superior ocupa de los 12 a los 15 años. Y el bachillerato, que recibe el nombre de educación secundaria, de los 16 a los 18 años. El currículum de la química en la educación secundaria (16-18 años) (Costa *et al.*, 2003) presenta la química como una de los pilares de la cultura del mundo actual, con la finalidad de comprender los fenómenos químicos de la vida cotidiana, ejercitar la ciudadanía, comprender la interrelación de la química con la tecnología, mejorar las actitudes frente a la ciencia y orientar las futuras elecciones profesionales. Se propone que un tercio de las clases sean exclusivamente de tipo práctico en el laboratorio y que el trabajo práctico investigativo tenga una gran relevancia. El cuadro 4 muestra los contenidos de los programas de química. Una versión más detallada puede obtenerse en la web del Ministério da Educação de Portugal. Direcção Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular (2006).

El diseño curricular de química portugués se caracteriza por ser uno de los más avanzados del entorno europeo en cuanto a la formulación explícita de los contenidos CTS y también por enfatizar la importancia del trabajo experimental. Sorprende, sin embargo, el alto nivel de los contenidos previstos para los 16 años, probablemente explicable porque no se trata del último curso de la educación secundaria obligatoria, como por ejemplo, en Inglaterra o España, sino del primero de bachillerato. Ello permite que en segundo curso se puedan abordar contenidos, como el equilibrio químico, que normalmente se tratan en el último curso en otros países.

El currículum de química en Francia

La educación secundaria en Francia se estructura a través de los ciclos y el bachillerato:

- Ciclo de observación (12 años).
- Ciclo central (13 años (cinquième) y 14 años (quatrième)).

- Ciclo de orientación (Liceo): *troisième* (15 años) y *seconde* (16 años).
- *Premier* (17 años).
- *Terminal* (18 años).

La química se estudia conjuntamente con la física desde los 13 años hasta *première* (17 años). En *terminal* (18 años) se estudia como una asignatura independiente. El currículum de química francés se caracteriza por enfatizar los aspectos experimentales, históricos y prácticos de la química, a la vez que persigue un nivel alto en el tratamiento cuantitativo de los problemas de estequiometría y de equilibrio químico en los últimos cursos. Los programas correspondientes a los 13, 14 y 15 años hacen énfasis en las competencias transversales y en la autonomía de los estudiantes. Los contenidos de química de *seconde* (16 años) giran alrededor de la extracción y de la síntesis de las sustancias. De las 3,5 horas semanales, 1,5 horas están reservadas específicamente al trabajo experimental. En este curso también hay 12 horas reservadas a temas CTS, tales como el azúcar en los productos de la vida cotidiana, el estudio de un medicamento (la aspirina), un desinfectante (el agua oxigenada), las bebidas de fruta, los pigmentos, los colorantes, etc. En los cursos de *première* (17 años) se estudia la determinación de las cantidades químicas, la química orgánica, la estructura y la energía. Y en el *terminal* (18 años) se abordan las transformaciones químicas desde el punto de vista del equilibrio, la espontaneidad y la velocidad, y la síntesis de productos químicos. Los contenidos CTS son prácticamente inexistentes en estos dos últimos años, pero el trabajo experimental sigue teniendo un tiempo y una programación específica. El cuadro 5 resume los contenidos de química que se estudian en estos cursos. Se puede tener mayor información sobre los programas en la web del Ministère d'Éducation Nationale. Enseignement secondaire (2006) y los documentos curriculares de orientación en la web del Centre National de Documentation Pédagogique (2006).

El currículum de ciencias y de química en España

En España la educación secundaria obligatoria (ESO) corresponde a las edades de 12 a 16 años y el bachillerato de los 17 a los 18 años. En primero y segundo de la ESO (12-14 años) se estudian contenidos de ciencias-física, química, biología y geología (3 horas semanales). En el tercer curso se imparte una asignatura de física y química (2 horas a la semana)

Cuadro 5. Programa de química en el ciclo de orientación de la educación secundaria (16, 17 y 18 años) en Francia.

Química *cinquième* (13 años)

El agua en nuestro entorno. El agua en la alimentación. Obtener agua potable.

Cambios de estado del agua.

El gas disuelto en las bebidas. Las sustancias disueltas en las bebidas.

Disoluciones de sólidos en agua. Mezclas de líquidos.

Las moléculas.

Química *quatrième* (14 años)

El aire que nos rodea.

Combustión del carbono y del hierro. Combustión del butano.

Reacción química. ¿Cómo obtener dióxígeno?

Las sustancias naturales y de síntesis.

Química *troisième* (15 años)

Los materiales de la vida cotidiana

Algunas propiedades de los materiales

Comportamiento eléctrico de ciertos materiales.

Los materiales y el medio ambiente.

Química *seconde* (16 años)

La química en el mundo: especies químicas naturales y sintéticas.

El mundo de la química: aproximación experimental e histórica de la extracción, la separación y la identificación de especies químicas.

El mundo de la química: síntesis de especies químicas en el laboratorio y en la industria.

Química *première* (17 años)

La medida en química.

Determinación de la cantidad de sustancia por diversos medios

La química creativa (síntesis química).

La química orgánica. Desde su nacimiento a su omnipresencia en la vida cotidiana.

La energía en la vida cotidiana.

La cohesión de la materia y los aspectos energéticos de sus transformaciones

Química *terminal* (18 años)

¿La transformación de un sistema químico es siempre rápida?

¿Es siempre total?

¿El sentido de la evolución espontánea es previsible?

¿Cómo controlan los químicos las transformaciones químicas?

Extraer e identificar especies químicas.

Efectuar controles de calidad.

Elaborar un producto químico: de la materia prima a su formulación.

IV JORNADAS INTERNACIONALES

Cuadro 6. Contenidos que forman parte del currículum de química del cuarto curso de la ESO (16 años) y del bachillerato (17-18 años) en Cataluña (España).

Cuarto curso de la ESO (16 años)

Materia y materiales. Sustancias y mezclas. Métodos de separación. Elementos y compuestos. Tabla periódica.

Modelo de átomo. Radioactividad.

Enlace químico. Moléculas y estructuras gigantes. Fórmulas químicas.

Reacciones químicas. Ecuación química. Ácidos y bases. Algunas estructuras y propiedades de los materiales de uso cotidiano. Metales, materiales cerámicos, plásticos y fibras.

Primer curso bachillerato (17 años)

Sustancias puras. Cambios de estado. Mezclas y disoluciones. Solubilidad.

Cantidad de sustancia. Teoría atómica de Dalton. Fórmulas empíricas y moleculares. Primeros intentos de clasificación periódica de los elementos.

Primeros modelos atómicos. Configuraciones electrónicas y tabla periódica.

La relación entre los niveles macroscópico y microscópico de las sustancias. Estructura y propiedades de los gases.

La reacción química. Estequiometría. Entalpía de reacción. Velocidad de reacción.

Tipos de reacciones químicas: ácido-base, precipitación y redox.

Química orgánica.

La química como ciencia pura y aplicada. Algunas ideas sobre la evolución histórica de los conceptos y teorías químicas. Algunas aplicaciones de la química al mundo actual.

Segundo curso bachillerato (18 años)

La materia desde el punto de vista microscópico. Propiedades atómicas periódicas. Modelo de Lewis del enlace covalente. Predicción de la geometría de las moléculas. Interacción de la radiación electromagnética y los átomos y las moléculas. Teoría cinético-molecular de los gases. Fuerzas intermoleculares.

Termodinámica química. Entalpía de reacción.

Entropía, entalpía libre y espontaneidad de las reacciones químicas.

Equilibrio químico

Cinética química

Equilibrios ácido-base.

Equilibrios de compuestos iónicos insolubles.

Las reacciones de transferencia de electrones. Pilas. Electrólisis.

Introducción a las reacciones de formación de complejos.

Química orgánica.

y una de biología y geología (2 horas a la semana). En el cuarto curso se ofrece una asignatura de física y química optativa (de 3 horas semanales). En el bachillerato se cursa una asignatura de Física y Química en primer curso (17 años) (4 horas semanales), que es obligatoria para los alumnos de la modalidad de ciencias y tecnología, y una asignatura de Química (4 horas semanales), optativa, en segundo curso (18 años).

En la comunidad autónoma de Cataluña, las ciencias son obligatorias en los cuatro cursos de la

ESO. En primero y segundo se estudia Ciencias de la naturaleza como en el resto de España (3 horas a la semana). En tercero se estudia sólo Biología y Geología (3 horas a la semana), y en cuarto, sólo Física y Química (3 horas a la semana). En el bachillerato la química es una asignatura optativa en la modalidad del bachillerato de ciencias, que se cursa independientemente de la física tanto en primer curso como en segundo (17 y 18 años). En ambos cursos se imparten 3 horas semanales.

Los currículos de química en la ESO y en el bachillerato no son especialmente diferentes en Cataluña y el resto de España. En el cuadro 6 mostramos el currículum de química en Cataluña correspondiente al cuarto curso de la ESO y a los dos cursos de bachillerato, modificado de acuerdo con el último decreto de contenidos mínimos del 2002, que supuso un retroceso respecto de la introducción de aspectos procedimentales y CTS del decreto anterior de la LOGSE (1994). En la actualidad se está a la espera de los cambios curriculares que comportará la recién aprobada Ley orgánica de la educación (LOE). Puede encontrarse amplia información sobre los currículos de ciencias en la ESO y en el bachillerato en los monográficos de Alambique (Pedrinaci (coord.), 2002; Caamaño (coord.), 2003). Los currículos oficiales pueden consultarse en la *Xarxa telemàtica educativa de Catalunya* (2006) y en la web del Ministerio de Educación y Ciencia (2006).

Durante el período que va de 1995 a 1999 se adaptó y experimentó en las comunidades de Madrid, Valencia y Cataluña el proyecto de química inglés *Salter's Advanced Chemistry*. La mayor aportación de esta adaptación fue demostrar que era posible organizar los contenidos de química del bachillerato de una forma contextualizada, partiendo de las aplicaciones de la química en la vida cotidiana y del estudio de problemas ambientales. Concluida la experimentación en más de 30 centros se realizó una publicación de la versión experimental revisada en catalán (Grup Salters, 1999) y en español (Grupo Salters, 2000a, 2000b). Una de las dificultades más importantes para la implantación del proyecto fue el tipo de pruebas de acceso a la universidad, que no contemplan los contenidos CTS ni los trabajos prácticos experimentales, con lo que condicionan el tiempo que el profesorado puede dedicar a estos aspectos. Sin embargo, el proyecto Química Salters ha tenido una gran repercusión como material de referencia para la incorporación de actividades CTS en los cursos de química del bachillerato y en los traba-

jos de investigación individuales que se realizan en el bachillerato en Cataluña, y también en los cursos de formación inicial y permanente (Caamaño *et al.*, 2001). El cuadro 7 muestra las unidades que componen este proyecto. Posteriormente se adaptaron las unidades de la Química del color y la Química de las medicinas como unidades complementaria (Caamaño *et al.*, 2003). Después de la reforma curricular del 2002 el proyecto no ha sido revisado, lo que constituye una tarea pendiente.

Conclusiones

En el presente artículo se han apuntado algunos criterios para replantearse la selección de los contenidos básicos del currículum de química en secundaria y para contextualizar y secuenciar estos contenidos. Y se han comparado los contenidos de los currículos de química de la educación secundaria obligatoria y del bachillerato de cuatro países europeos. En ellos se ha podido apreciar tanto los intentos de introducir nuevos contenidos CTS, especialmente en Inglaterra y en Portugal, como una redefinición de las finalidades del currículum en términos de competencias que deben adquirir los estudiantes y de objetivos de alfabetización científica, muy presentes en la etapa de educación secundaria obligatoria.

En algunos países, como Inglaterra y España, se han elaborado y experimentado proyectos basados en el contexto como la Química Salters, si bien en España la utilización del proyecto completo no ha tenido continuidad por la existencia de una serie de factores que dificultan su implantación generalizada. En Portugal, la filosofía de un currículum de química basado en el contexto ha llegado a plasmarse en el currículo oficial de bachillerato, aunque será preciso evaluar en los próximos años el grado de implantación real en las aulas.

En líneas generales es indudable que la química que se enseñará en los próximos años está destinada a sufrir cambios en los contenidos, en la orientación y en la metodología didáctica, probablemente, más rápidos y profundos de los que han tenido lugar en la última década. De una parte, el papel cambiante de la química, como ciencia cada vez más auxiliar de otras ciencias, pero a la vez sustentadora de campos de investigación tan importantes para el bienestar de la humanidad como el medio ambiente, los nuevos materiales, la biotecnología, la química médica, la química farmacéutica, la química alimentaria, etcétera, requerirá nuevos cambios en la orientación curricular de esta materia.

Cuadro 7. Unidades del proyecto de Química Salters (1999). Cataluña (España).

Química 1º curso bachillerato (17 años)

Los elementos de la vida.
La revolución de los combustibles.
De los minerales a los elementos.
La revolución de los polímeros.
Visita a una industria química.

Química 2º curso bachillerato (18 años)

La atmósfera.
Aspectos de agricultura.
La química del acero.
Los océanos.
Trabajo de investigación.

Por otro lado, las demandas crecientes de alfabetización científica de la sociedad, la introducción de las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación en la escuela, y los resultados de la investigación didáctica para mejorar los métodos de enseñanza de la química requerirán actitudes abiertas y flexibles para resituar y repensar la finalidad, los contenidos y la metodología didáctica de la química en el currículum de secundaria del nuevo siglo. ■

Bibliografía

- Atkins, P., Skeletal chemistry, *Education in Chemistry*, 42(1), 20 y 25, 2005.
- AQA (Assessment and Qualifications Alliance). Consultado por última vez en abril 23, 2006, en la URL http://www.aqa.org.uk/qual/gcse/new_science.html
- Bennett, J., Holman, J., Context-based approaches to the teaching of chemistry: What are they and what are their effects?, en J.K. Gilbert *et al.* (eds.): *Chemical Education: Towards research-based practice*. Kluwer. Dordrecht. 2002.
- Bulte, A., de Jong, O., Pilot, A., *A development research approach to designing a chemistry curriculum using authentic practices as contexts*. Comunicación presentada en ESERA Conference, Barcelona, 2005.
- Burden, J., Ciencia para el siglo XXI: un nuevo proyecto de ciencias para la educación secundaria en el Reino Unido, *Alambique*, 46, pp. 68-79, 2005.
- Burton, G., Holman, J., Lazonby, J., Pilling, G., Waddington, D. *Salters Advanced Chemistry*. 2ª edición. Oxford: Heinemann, 2000.
- Caamaño, A., La secuenciación de los contenidos de química en el bachillerato, *Alambique*, 15, 69-85, 1998.
- Caamaño, A., Obach, D., *Química. Bachillerato*. Barcelona: Teide, 2000.
- Caamaño, A., La enseñanza de la química en el inicio del nuevo siglo: una perspectiva desde España, *Educación Química*, 12(1), 7-17, 2001a.

- Caamaño, A., La introducció dels avenços de la física i de la química en el currículum de secundària. *Escola Catalana*, 379, 30-34, 2001b.
- Caamaño, A., Gómez Crespo, M. A., Gutiérrez Julián, M. S., Llopis, R., Martín-Díaz, M. J., Proyecto Salters: un enfoque CTS para la Química en el bachillerato, en P. Membiela (ed.), *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad*, Madrid: Narcea, 2001, pp.179-192.
- Caamaño, A. La enseñanza y el aprendizaje de la química, en M.P. Jiménez (coord). *Enseñar Ciencias*, Barcelona: Graó, 2003, pp. 203-228.
- Caamaño, A. (coord.), Las ciencias en el bachillerato, *Alambique*, 36, 5-111, 2003.
- Caamaño, A., Izquierdo, M., El currículum de química en el bachillerato: todavía muy lejos de una química contextualizada, *Alambique*, 36, 60-67, 2003.
- Caamaño, A., Puigvert, M. T., Melià, R. M., Llovería, A., Corominas, J., Química cotidiana a través de la química Salters: La química del color y la química de las medicinas. En: G. Pinto (ed.), *Didáctica de la Química y Vida cotidiana*. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, 2003.
- Caamaño, A., Trabajos prácticos investigativos en química en relación con el modelo atómico-molecular de la materia, *Educación Química*, 16(1), 10-19, 2005.
- Centre National de Documentation Pédagogique. Consultada por última vez en abril 23, 2006, en la URL http://www.cndp.fr/doc_administrative/programmes/secondaire/psychim/accueil.htm
- Costa, J. A., Magalhães, C., Martins, I., Lopes, J. M., Otilde, M^a, Sobrinho, T., La química en la educación secundaria en Portugal: una perspectiva de cultura científica, *Alambique*, 36, 68-75, 2003.
- Gabel, D., The complexity of Chemistry and implications for teaching, en B.J. Fraser & K.G. Tobin (eds.), *International Handbook of Science Education*, part one, Kluwer Academic Publishers, 1998, pp. 233-248.
- Gabel, D., Improving teaching and learning through Chemistry Education Research: A look to the future, *Journal of Chemical Education*, 76(4), 548-553, 1999.
- Gárritz, A., Una propuesta de estándares nacionales para la educación científica para el bachillerato. La corriente ciencia-tecnología-sociedad, *Ciencia*, 49(1), 27-34, 1998.
- Gárritz, A.; Chamizo, J. A., *Química*. Addison-Wesley Iberoamericana, 2001.
- Gilbert, J. K., Justí, R., Van Driel, J. H., De Jong, O., Treagust, D. F., Securing a future for chemical education, *Chemistry Education: research and practice*, 5(1), 5-14, 2004. Versión electrónica en <http://www.uoi.gr/ceerp/>
- Gillespie, R. J., The great ideas of chemistry, *Journal of Chemical Education*, 74, 862-864, 1997.
- Gómez-Crespo, M. A., Gutiérrez, M., Martín-Díaz, M. J. La química en el bachillerato. Pasado, presente y futuro, *Alambique*, 36, 48-54, 2003.
- Grup Recerca-Faraday. *Química Faraday*. Teide, Barcelona, 1988.
- Grup Salters, *Química Salters. Batxillerat. Materials de treball*. Generalitat de Catalunya. Departament d'Ensenyament, 1999.
- Grupo Salters, Proyecto Química Salters. *Cuadernos de Pedagogía*, 281, 68-72, 1999.
- Grupo Salters, *Química Salters. Bachillerato*. Centro de Investigación y Documentación Educativas (CIDE). Madrid, 2000a.
- Grupo Salters, *Química Salters. Bachillerato. Materiales didácticos*. Valencia: Generalitat Valenciana. Conselleria de Cultura i Educació, 2000b.
- Herron, J.D., Frank, D., Sarquis, J.L., Sarquis, M., Schrader, C.L., Kukla, D.A., *Chemistry*. D.C. Heath and Company: Lexington, Massachusetts, 1997.
- Mahaffy, P., The future shape of chemistry education. *Chemistry Education: research and practice*, 5(3), 229-245, 2008. Versión electrónica en: <http://www.uoi.gr/ceerp/>
- Millar, R., Osborne, J. (ed.). *Beyond 2000. Science Education for the future*. Londres: King's College. School of Education, 1998.
- Ministério da Educação de Portugal. Direção Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular. Consultada por última vez en abril 23, 2006, en la URL <http://www.gaaies.min-edu.pt/programs/programas.asp>
- Ministerio de Educación y Ciencia. Consultado por última vez en abril 23, 2006, en la URL <http://www.mec.es/educa/sistema-educativo/index.html>
- Ministère de l'éducation. France. Enseignement secondaire. Consultada por última vez en abril 23, 2006, en la URL <http://www.education.gouv.fr/sec/default.htm>
- National Curriculum. Consultada por última vez en abril 23, 2006, en la URL <http://www.nc.uk.net/>
- Osborne, J., Hacia una educación científica para una cultura científica. En: M. Benlloch (comp.) *La educación en ciencias: ideas para mejorar su práctica*. Barcelona: Paidós Educador, 2002.
- Padilla, K., El contenido del libro de química para el bachillerato, *Educación Química*, 17(1), 2-13, 2006.
- Pedrinaci, E. (coord.), Ciencias en la ESO y Contrarreforma, *Alambique*, 33, 5-98, 2002.
- Pedrinaci, E., Del Carmen, L., La secuenciación de los contenidos: mucho ruido y pocas nueces, *Alambique*, 14, 9-20, 1997.
- Pilling, G.M., Waddington, D.J., Implementation of Large-Scale Science Curricula: A study in Seven European Countries. *Journal of Science Education and Technology*, 14(4), 393-407, 2005.
- Quílez, J., Bases para una propuesta de tratamiento de las interacciones CTS dentro de un currículum cerrado de química, *Educación Química*, 16(3), 416-436, 2006.
- Quílez, J., Lorente, S.; Sendra, F., Chorro, F. y Enciso, E., *Química-2. Bachillerato*. Valencia: ECIR, 2003.
- QCA (Qualifications and Curriculum Authority). Consultado por última vez en abril 23, 2006, en la URL <http://www.qca.org.uk/2975.html>
- Westbroek, H. B., Bulte, A., Pilot, A., Development of a prototype module: An example of a new vision on A-level Chemistry curriculum. En: O. de Jong, E.R. Savelsbergh, A. Alblas (eds.), *Teaching for scientific literacy. Context, competency and curriculum*, Utrecht University, Centre for Science and Mathematics Education, 2001
- Xarxa telemàtica educativa de Catalunya. Consultada por última vez en abril 23, 2006, en la URL <http://www.xtec.cat/estudis/index.htm>