

REPENSAR EL CURRÍCULUM DE QUÍMICA EN EL BACHILLERATO

Aureli Caamaño Ros*

*Centro de Documentación y Experimentación en Ciencias y Tecnología / IES Barcelona-Congrés. Barcelona (España)

acaamano@xtec.net

Esta comunicación está basada en la ponencia presentada en las IV Jornadas Internacionales para la Enseñanza Preuniversitaria y Universitaria de la Química (Mérida, Yucatán, México (noviembre de 2005) y en el artículo: 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. (*Educación Química*, 17, 2, 2006).

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 esta comunicación 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.

¿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 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 *Salters Advanced Chemistry*, que ha sido adaptado en diferentes países (Grupo Salters 1999; Pilling y Waddington, 2005; Caamaño, Gómez Crespo, Gutiérrez Julián, Llopis, Martín-Díaz, 2001).

En los primeros años del 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 eficazmente 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.

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, aún 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 referencia 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. Quizás 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** puede 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, etc. 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.

Conclusiones

En la presente comunicación 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.

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, etc., requerirá nuevos cambios en la orientación curricular de esta materia.

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 (reducir)

- Atkins, P., Skeletal chemistry, *Education in Chemistry*, 42, 1, p.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/qcse/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, pp.69-85, 1998.
- Caamaño, A., La enseñanza de la química en el inicio del nuevo siglo: una perspectiva desde España, *Educación Química*, 12, 1, pp.7-17, 2001a.
- Caamaño, A., La introducció dels avenços de la física i de la química en el currículum de secundària. *Escola Catalana*, 379, pp.30-34, 2001b.
- Caamaño, A. La enseñanza y el aprendizaje de la química, en M.P.Jiménez (coord). *Enseñar Ciencias*, pp. 203-228. Barcelona: Graó, 2003.
- Caamaño, A. (coord.), Las ciencias en el bachillerato, *Alambique*, 36, pp. 5-111, 2003.
- Caamaño, A., Trabajos prácticos investigativos en química en relación con el modelo atómico-molecular de la materia, *Educación Química*, 16, 1, pp. 10-19, 2005.
- Caamaño, A. 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. *Educación Química*, 17, 2, 2006.
- Caamaño, A., Izquierdo, M., El currículum de química en el bachillerato: todavía muy lejos de una química contextualizada. *Alambique*, 36, pp. 60-67, 2003.
- Caamaño, A., Obach, D., *Química. Bachillerato*. Barcelona: Teide, 2000.
- 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*, pp. 179-192. Madrid: Narcea, 2001.
- Caamaño, A., Puigvert, M. T., Melià, R. M., Llavería, 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.
- Centre National de Documentation Pédagogique. Consultada por última vez en abril 23, 2006, en la URL http://www.cndp.fr/doc_administrative/programmes/secondaire/phychim/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, pp. 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, pp.233-248, Kluwer Academic Publishers, 1998.
- Gabel, D., Improving teaching and learning through Chemistry Education Research: A look to the future, *Journal of Chemical Education*, 76, 4, pp. 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., Justi, R., Van Driel, J. H., De Jong, O., Treagust, D. F., Securing a future for chemical education. *Chemistry Education: research and practice*, 5, 1, pp. 5-14, 2004. Versión electrónica en <<http://www.uoi.gr/cerp/>>.
- 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, pp. 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, pp. 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, pp. 229-245, 2003. Versión electrónica <<http://www.uoi.gr/ceip/>>.
- 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. Direcção Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular. Consultada por última vez en abril 23, 2006, en la URL <http://www.gaaires.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, pp. 2-13, 2006.
- Pedrinaci, E. (coord.), Ciencias en la ESO y Contrarreforma, *Alambique*, 33, pp. 5-98, 2002.
- Pedrinaci, E., Del Carmen, L., La secuenciación de los contenidos: mucho ruido y pocas nueces, *Alambique*, 14, pp.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, pp.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, pp.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>