

EL ESTUDIO DE LOS MATERIALES QUÍMICOS: UNA OPORTUNIDAD PARA CONSEGUIR SINERGIAS ENTRE LAS MATERIAS DE QUÍMICA Y DE CIENCIAS PARA EL MUNDO CONTEMPORÁNEO EN EL BACHILLERATO

Aureli Caamaño

IES Barcelona-Congrés/ Centre de Documentació i Experimentació en Ciències. Barcelona.

acaamano@xtec.cat

Utilizamos materiales para satisfacer nuestras necesidades básicas. Ese carácter funcional de los materiales, relacionado con sus propiedades, que a la vez dependen de su estructura interna, es lo que hace que sean un objeto de estudio importante en el currículum de ciencias, en particular, en el ámbito de la química, de la física y de la tecnología. En la actualidad también forman parte del currículum de la nueva asignatura de Ciencias para el Mundo Contemporáneo (CMC). La presente ponencia reflexiona sobre lo que pueden saber los alumnos en el primer curso de bachillerato sobre este tema, teniendo en cuenta cuál es el lugar que ocupa el estudio de los materiales en la ESO y cuáles serán los puntos de contacto en el abordaje de este tema entre la asignatura de Química del bachillerato y las CMC. Y analiza cómo puede ser tratado este tema en la nueva asignatura CMC a la luz de las propuestas didácticas existentes y los libros de texto publicados. La ponencia no contempla, sin embargo, las interacciones que puedan existir en el estudio de los materiales entre las asignaturas citadas y la Tecnología de la ESO y el bachillerato.

EL ESTUDIO DE LOS MATERIALES EN EL ÁREA DE LAS CIENCIAS DE LA NATURALEZA EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA

Muchos proyectos de orientación ciencia-tecnología-sociedad (CTS) han tomado el estudio de los materiales como uno de los contextos a partir del cual construir el hilo conductor de gran parte de los contenidos de química. Por ejemplo, el proyecto inglés *Salters Chemistry* para alumnos de 11 a 15 años, se estructuró en unidades tales como Minerales, Combustibles, Metales, Polímeros, Materiales de construcción, Productos de limpieza, etc.. Esta filosofía fue posteriormente incorporada al *Salters' Science Project* (1990) cuando la reforma del currículum de ciencias en Inglaterra estableció un *core* común de física, química y biología. La Química del proyecto *Nuffield Co-ordinated Sciences* (Nuffield-Chelsea Curriculum Trust, 1988) también adoptó un enfoque muy contextualizado, basado en el estudio de los materiales, lo que condujo a las siguientes unidades: materias primas, materiales de la vida cotidiana (vidrios y materiales cerámicos, metales y aleaciones, polímeros), productos químicos en casa, combustibles y baterías, y suelo y agricultura. El

proyecto SATIS 14-16 (*Science and Technology in Society*) (ASE 1986; AAVV 2000) proporcionó también una serie de unidades relativas a los materiales (Metales como recursos, Miremos las etiquetas. Las fibras textiles, Materiales para la vida. Nuevos materiales para cardiología, Materiales para reparar dientes). Y el tema de los materiales sigue siendo de interés en la actualidad. En uno de los proyectos de ciencias ingleses más recientes con un claro objetivo de alfabetización científica de los estudiantes, *Science for XXI Century* (Burden, 2005), dos de los módulos del curso de Ciencia básica son Elección de materiales y Materiales radioactivos, mientras que en el módulo de Ciencia ampliada se abordan los modelos químicos, los productos químicos y el medio ambiente, las síntesis química y la química para un mundo sostenible.

En España con la reforma LOGSE (1992) se introduce por primera vez el estudio de los materiales en el currículum del área de las Ciencias de la Naturaleza de la educación secundaria obligatoria (Caamaño 1998). A pesar de ello, la experiencia de todos estos años es que ha sido difícil consolidar los materiales como un contenido básico del currículum de esta asignatura. Sin una apuesta clara por los objetivos de alfabetización científica del currículum de esta etapa y frente a las dificultades del tiempo disponible, el profesorado generalmente ha acabado priorizando los contenidos más disciplinares relativos al estudio de la materia.

Algunos de los proyectos de ciencias elaborados en la etapa de la reforma LOGSE incorporaron el estudio de los materiales de una forma sustancial como, por ejemplo el proyecto GAIA (Caamaño et al. 2000) o el proyecto Teide (Caamaño et al. 1996, 1997, 1999; Caamaño, Obach, Pérez-Rendón 2005). Así en *La matèria i els seus canvis* (Caamaño et al 1996) se estudian los vidrios y materiales cerámicos, los metales, los ácidos y bases, las pilas, los combustibles y los polímeros. Este estudio se mantiene en la sucesivas revisiones de este texto (1999, 2005) si bien, cada vez en una posición menos central del texto y con menor extensión, lo que refleja la percepción de una falta de introducción real de estos contenidos en los cursos de la ESO.

En el currículum LOE actual español (De Pro, 2007) el estudio de los materiales en el área de Ciencias de la Naturaleza tiene una escasa presencia. Así, por ejemplo, en el bloque de Estructura y propiedades de las sustancias de cuarto curso de Física y Química podemos ver que únicamente se citan como materiales: los hidrocarburos como recurso energético y los polímeros (análisis de sus aplicaciones y de los problemas relacionados con el reciclaje). De hecho el enfoque CTS no está muy presente en los nuevos currículos del área de las Ciencias de la Naturaleza de la ESO, a excepción de la incorporación del nuevo bloque "La contribución de la ciencia a un futuro sostenible". Esta afirmación es

especialmente cierta en lo que se refiere al estudio de los materiales. Si se compara nuestro currículum con los currículos de ciencias de esta etapa en países de nuestro entorno (Caamaño, 2007a) se observa que en estos países se han realizado más esfuerzos en contextualizar el currículum de ciencias y darle una orientación primordialmente de alfabetización científica.

La ausencia de esta orientación de alfabetización se nota especialmente en el tercer curso de la ESO, que es el último obligatorio o común para todos los alumnos. Sorprende el enfoque todavía altamente disciplinar de este curso, en relación con los objetivos de la nueva asignatura de Ciencias para el mundo contemporáneo en el primer curso de bachillerato. Hubiera sido más coherente orientar más el currículum de ciencias de tercero de ESO hacia la alfabetización científica y la comprensión de la naturaleza de la ciencia, con un enfoque más integrado de las diferentes disciplinas. De este modo, se hubiera abierto un espacio de alfabetización científica en la parte común del currículum de la ESO que tendría luego continuidad en la asignatura de CMC en el primer curso de bachillerato. Todo ello pensado para el conjunto de los alumnos, tanto de ciencias como de letras.

Por contra, las asignaturas opcionales de Física y Química y de Biología y Geología de cuarto curso de ESO y las materias de modalidad de ciencias (Física, Química, Biología, Ciencias de la Tierra y del medio ambiente) podrían mantener un carácter más disciplinar, sin olvidar la necesidad de conseguir una mayor contextualización y funcionalidad de la que tienen actualmente.

Con la estructura del currículum actual quizás haría falta en 4º de ESO una materia científica común de orientación alfabetizadora, de características similares a CMC (Martín-Díaz, Nieda, Pérez, 2008), lo que evitaría la diferencia de competencia científica que se producirá entre los alumnos de Ciencias y de Letras al pasar al bachillerato.

EL ESTUDIO DE LOS MATERIALES EN LA QUÍMICA DE BACHILLERATO

El currículum LOGSE de química de bachillerato introdujo un bloque de contenidos CTS que posibilitó la experiencia de la adaptación del proyecto inglés de química contextualizado *Advanced Chemistry Salters* (Burton et al. 2000), que se publicó en una versión experimental con el título de Química Salters (Grup Salters 1999, Grupo Salters 1999, 2000). En este proyecto se utilizan los materiales como contenido organizador de muchas de sus unidades, tales como: De los minerales a los elementos, El desarrollo de los combustibles, La revolución de los polímeros, Aspectos de agricultura (fertilizantes y plaguicidas), La química del acero y Medicamentos. Más allá del periodo de experimentación, este proyecto no

tuvo en España una influencia decisiva en la transformación del currículum de la química del bachillerato hacia un enfoque más contextualizado. Varios factores lo impidieron.

Afortunadamente en el nuevo currículum de química de bachillerato se introducen algunos contenidos CTS relacionados con los materiales y sustancias químicas, tales como sustancias de interés biológico e industrial, combustibles fósiles y efecto invernadero, ácidos y bases de interés industrial, corrosión de metales, polímeros y medicamentos (Gutiérrez, Gómez Crespo y Martín-Díaz 2008). También en el currículum de química en Cataluña (todavía provisional) (AAVV 2008) encontramos abundantes temas CTS, inspirados en los que aparecen en el proyecto Química Salters, entre ellos los relativos a materiales y sustancias de interés en la sociedad, como son los metales, los materiales cerámicos, los vidrios, los combustibles fósiles y los biocombustibles, los polímeros, los aceros, los medicamentos y los nuevos materiales (nanotubos, cristales líquidos, etc.).

Otros países están llevando a cabo experiencias similares a la Química Salters. Por ejemplo, tanto en Holanda como en Alemania hay grupos de investigación-acción diseñando unidades de química contextualizadas con implicación del profesorado (Westbroek, Bulte & Pilot, 2001; Bulte, de Jong & Pilot 2005), que en el caso holandés forman parte del proyecto de química, *The Chemie im Kontext project* (Nentwig et al 2007). El currículum de química portugués de bachillerato es un currículum claramente contextualizado (Costa et al. 2003). Y en Brasil existen magníficos proyectos de química CTS como PEQUIS (*Projecto de Ensino de Química e Sociedade*) (Dos Santos et al., 2004).

Algunos libros de texto universitarios también tienen un enfoque de química contextualizada. Por ejemplo, en Química para el nuevo milenio (Hill, Kolb, 1999), además de los temas conceptuales propios de un libro de texto de química, se abordan los siguientes temas CTS: Polímeros, Química de la tierra, Aire, Agua, Energía (combustibles), Alimentos, Productos químicos para el hogar, Condición física y salud, Fármacos y Venenos. El proyecto SATIS 16-19 (ASE 1992) también contiene varias unidades sobre los materiales.

Sociedades científicas como la *Royal Society of Chemistry* han querido contribuir a la divulgación de los temas actuales de química entre el alumnado y el profesorado de bachillerato mediante publicaciones como *The age of the molecule* (RSC 1999) o *Cutting edge chemistry* (RSC 2000). En ambas se dedican capítulos enteros a la nueva ciencia de los materiales, el mundo de los cristales líquidos, la edad de los plásticos y la electroquímica. En el capítulo de Nuevos materiales se presenta la estructura y las aplicaciones de los óxidos magnéticos, los

superconductores, los *nanoclusters*, los catalizadores, los nanotubos, los nanointerruptores y los fulerenos. También se trata de la síntesis y el análisis de la estructura de las moléculas y de los métodos modernos de seguimiento de las reacciones químicas.

La *Sociedade Brasileira de Química* ha publicado una serie de Cuadernos Temáticos (*Cadernos temáticos*) a través de la revista *Química Nova na Escola*, dedicados a los siguientes temas de química y sociedad: Química ambiental, Introducción a la química de los materiales (polímeros sintéticos, plásticos inteligentes, vidrios, zeolitas), Introducción a la química de los fármacos, Introducción a la estructura de la materia, Química al servicio de la humanidad, etc.)

Por último, algunas publicaciones periódicas científicas de nuestro país ofrecen recursos de actualización y divulgación de las nuevas fronteras y métodos de la química. La Real Sociedad Española de Química publica una revista que contiene artículos de divulgación química, mientras que la *Societat Catalana de Química* (SCQ) publica la *Revista de la Societat Catalana de Química* con artículos de carácter divulgativo, muchos de ellos de un nivel apropiado para los alumnos de bachillerato, y la revista *Educació Química*, centrada especialmente en la enseñanza de la química en la educación secundaria, de la que acaba de editarse el número 1.

Habrá que esperar a ver el nivel de aplicación de los temas CTS del nuevo currículum en las aulas en los próximos cursos, tanto en la asignatura de Química como en la CMC. De nuevo es de prever que el tipo de prueba de acceso a la universidad tendrá una influencia decisiva para que tenga lugar un cambio en profundidad en el enfoque de la asignatura de Química, pero también pueden ser factores importantes los libros de texto que se publiquen y la formación del profesorado que se realice (Caamaño 2006, 2007b; Melo et al. 2008).

El curso próximo será interesante observar, por un lado, la aplicación que los materiales curriculares y proyectos de química contextualizada y de otras materias científicas puedan tener en la organización de la nueva asignatura CMC y, por otro lado, la influencia que pueda tener la impartición de la nueva asignatura CMC en la atención que se preste y en el enfoque que se dé a los nuevos contenidos CTS de las asignaturas de ciencias de modalidad del bachillerato (Física, Química, Biología y Ciencias de la Tierra y del medio ambiente). Puede ser que tenga lugar una sinergia y que estas asignaturas se refuercen entre sí, aunque, también sería posible que el hecho de tratar los aspectos aplicados y sociales de la ciencia en CMC haga que se considere que estos aspectos ya no son precisos abordarlos en las asignaturas de ciencias de modalidad.

EL ESTUDIO DE LOS MATERIALES EN LA CIENCIA PARA EL MUNDO CONTEMPORÁNEO

Los materiales es uno de los temas abordados en asignaturas del tipo CMC que existen en otros países. Por ejemplo, en Inglaterra existe desde el 2000 una asignatura de características similares a CMC que se denomina *Science for public understanding* (Hunt & Millar, 2000; Millar & Hunt 2006), en la que se aborda la calidad del aire, el uso de los combustibles y el medio ambiente como temas relacionados con los materiales y las sustancias químicas.

En España en el currículum de la nueva asignatura CMC aparece un bloque entero denominado Nuevas necesidades, nuevos materiales, con los siguientes epígrafes:

- La humanidad y el uso de los materiales. Localización, producción y consumo de materiales: control de los recursos.
- Algunos materiales naturales. Los metales, riesgos a causa de su corrosión. El papel y el problema de la deforestación.
- El desarrollo científico-tecnológico y la sociedad de consumo: agotamiento de materiales y aparición de nuevas necesidades, desde la medicina a la aeronáutica.
- La respuesta de la ciencia y la tecnología. Nuevos materiales: los polímeros. Nuevas tecnologías: la nanotecnología.
- Análisis medioambiental y energético del uso de los materiales: reutilización y reciclaje. Basuras.

La primera cuestión que se nos plantea es cómo abordar este bloque de contenidos dentro de los objetivos generales de la asignatura. La segunda, cuáles son los conocimientos que probablemente tendrán los alumnos que la cursen, tanto los de Humanidades como los de Ciencias.

Respecto del primer punto estamos de acuerdo con la idea que expresaba Pedrinaci (2006) en el monográfico que Alambique dedicó a los contenidos y enfoque de esta asignatura, cuando todavía no se conocía el programa oficial, que el abordaje debería centrarse en una metodología de indagación y de resolución de problemas, en la que se valore la importancia de disponer de una opinión informada y la toma de decisiones. En palabras de Pedrinaci: "... no se trata de ofrecer unas ciencias básicas para aquellos estudiantes que no volverán a trabajar contenidos científicos sino, más bien, contribuir a que estos le pierdan el miedo al análisis de cuestiones relacionadas con la ciencia y la tecnología que le afectan o afectarán sus condiciones de vida y a que todos, los de letras y los de ciencias, adquieran competencias necesarias para la resolución de problemas, valoren la importancia de disponer de una opinión informada y se ejerciten en la toma de decisiones".

Respecto del segundo punto coincidimos con Antonio de Pro (2008) en que el carácter optativo de las ciencias en el 4º de ESO va a llevar necesariamente a tener grupos de alumnos heterogéneos en cuanto a sus conocimientos iniciales, experiencias previas y posibilidades de aprendizaje. No solo eso, sino que a medida que avance el curso de primero de bachillerato la diferencia de los conocimientos científicos de los alumnos de ciencias y de humanidades va ir haciéndose progresivamente mayor. Respecto del tema de los materiales, el análisis realizado en el apartado referido a la ESO nos hace suponer que el conocimiento y competencia de los alumnos dependerá en gran medida de la orientación con que se haya enfocado el estudio de la materia y de los materiales en los cursos de la ESO, en particular en tercero y en cuarto curso, aquellos que hayan optado por esta asignatura. Sin embargo, un análisis del currículum de la mayoría de las autonomías y de los libros de texto permiten concluir que el estudio que se realiza en la ESO está más centrado en la materia que no en los materiales, es decir, que paradójicamente para muchos alumnos los materiales, y especialmente, los nuevos materiales, serán tratados por primera vez en la asignatura de CMC, exceptuando lo que hayan podido trabajar en la asignatura de Tecnología.

Emilio Pedrinaci (2006, 2008) y Antonio de Pro (2008) han sugerido que una metodología adecuada para la gestión de la asignatura en el aula sería seleccionar una serie de preguntas que correspondieran a cada uno de los bloques. José Mariano Bernal (2008) resalta que la educación científica para la vida implica cambios metodológicos más que cambios de contenidos en relación con la finalidad de la asignatura CMC y propone la utilización de auditorias científicas como actividad central centrada en problemas científicos que tengan una incidencia directa y real en la vida de los alumnos. En tal caso la cuestión sería determinar cuáles pueden ser las preguntas pertinentes o los problemas científicos relevantes en torno al bloque de Nuevas necesidades, nuevos materiales.

Un ejemplo de pregunta de partida nos la proporciona Antonio Ángel Pérez Sánchez (2008) en la propuesta didáctica que realiza sobre el uso del silicio y sus compuestos en la monografía de aproximaciones didácticas a la CMC (FECYT 2008). La cuestión que formula es: ¿Cuáles son, a tu juicio, los cinco materiales más empleados en las sociedades desarrolladas? Indica en cada caso cuál es el recurso o el elemento naturaleza en el que tiene su origen. Esta cuestión le lleva a abordar los usos del silicio y sus compuestos desde la prehistoria (sílex) hasta nuestros días y muchos procesos relacionados: fabricación de vidrio, enfermedades asociadas al silicio, nuevas aplicaciones del silicio en la construcción, en la electrónica, en las TIC y en las células solares,

problemas medioambientales, etc. La secuencia constituye un ejemplo de cómo se puede desarrollar una unidad sobre materiales utilizando un elemento químico como hilo conductor.

Sin duda, un breve análisis comparativo de los contenidos y actividades propuestas en las unidades correspondientes al bloque Nuevas necesidades, nuevos materiales, en algunos de los libros de texto de CMC ya publicados, puede darnos elementos para tener una idea de que contenidos específicos se tratarán y cómo se trabajarán en el aula. El análisis comparativo realizado sobre cuatro libros aparece resumido en el cuadro 1.

Cuadro 1. Análisis comparativo de los contenidos y actividades del bloque “Nuevas necesidades, nuevos materiales” en cuatro libros de texto de CMC:

CMC. Ed. SM

Materiales: Uso y consumo.

Contenidos. Desarrollo de materias primas. ¿Qué materiales hay a nuestro alrededor?. Metales, cerámicas y vidrios, polímeros sintéticos, fibras, semiconductores. ¿De dónde proceden los materiales? . El ejemplo de la industria automovilística. Análisis de los procesos y costes medioambientales (cemento, acero, papel). Cálculo de las reservas de recursos naturales. Actualizando el inventario. Gestión responsable de los recursos naturales (reducir el consumo injustificado de materias primas, minimizar el consumo energético, aprovechar los residuos).

Actividades. Laboratorio de materiales: arcilla (interpretación de un experimento). Laboratorio de materiales: el caucho (interpretación de una gráfica). La deslocalización de una empresa. Reciclar la chatarra (Lectura comprensiva) ¿Cómo hacer una evaluación del impacto ambiental? (Lectura y cuestiones). El ejemplo del coltán. Reciclado del aluminio (lectura y cuestiones). ¿Son necesarias y seguras las incineradoras? (debate).

Nuevas necesidades, nuevos materiales.

Contenidos. Nuevos desafíos para la ciencia de materiales (en la construcción de edificios e infraestructuras, en la medicina, en la obtención de energía, en la electrónica y tecnologías de comunicación). Materiales resistentes y ligeros (protección frente a la corrosión, materiales compuestos, oportunidades para el desarrollo de materiales energéticos). El cuerpo en el taller (una visita al dentista, estética y salud, reparaciones en el corazón, ayudas para seguir caminando; economía, recursos y atención sanitaria). Al límite de las posibilidades (nuevas maneras de ver y tocar, aplicaciones de la nanotecnología, magnetorresistencia y buena memoria. Materia gris para el futuro (¿Qué es I+D?, Plataformas tecnológicas, El LHC, nuevo laboratorio de materiales).

Actividades. Volumen y belleza (lectura, ampliación de información y opinión). ¿Hasta dónde puede llegar la atención gratuita? (lectura y opinión). A debate:

¿Son seguras las centrales nucleares? Laboratorio de materiales: experiencia de protección a la corrosión de un metal.

Secciones adicionales:

Claves para comprender. ¿Por qué se oxidan los metales? ¿Cómo interaccionan los electrones? *Para saber más.* Tipos de pilas.

La ciencia y sus métodos (los procedimientos de la ciencia)

La ciencia en la calle (debates)

CMC. Grup Promotor. Santillana

Nuevas necesidades, nuevos materiales

Contenidos. De la materia a los materiales. ¿De dónde obtenemos los materiales? Las propiedades de los materiales. La materia prima (minerales, sistemas de extracción de metales, el acero, el coltán). Natural y artificial (plásticos, polímeros, papel, problemas asociados a la fabricación del papel). Inventar lo que no existe (nanociencia, nanocompuestos del carbono, fullerenos, la nanotecnología).

Actividades. Pocas actividades en el texto. Visionado de un video en internet. Actividades al final de tipo cuestión e interpretación de un gráfico de la resistencia de un material.

Secciones adicionales:

Esquemas ilustrados de hechos históricos expuestos cronológicamente.

Descubrimientos clave: ¿Cómo se han formado los elementos químicos?, La vulcanización y los neumáticos. Óxidos y sulfuros. El control del fuego. La parkesina. Microscopio de efecto túnel. ¿Cómo se fabrica la fibra de carbono? ¿Cómo se fabrican nanomáquinas?

Presente y futuro (lectura final): Materiales a la carta. Tinta y papel electrónica.

Mapa conceptual de síntesis.

CMC. Ciència en context. Teide

Nuevos retos, nuevos materiales

Contenidos. La ciencia de los materiales. La estructura: los niveles atómico, micro y macro. Tipos de materiales (metales, nuevos materiales metálicos, cerámicas, nuevos materiales cerámicos polímeros, los biomateriales). Materiales para un mundo más eficiente (la fibra de carbono). Materiales para un mundo más global (fibras ópticas, diodos láser y LED). La nanotecnología (la escala nano; nueva escala, nueva física: nuevos instrumentos).

Actividades: Actividad inicial (¿Qué sabes de la nanotecnología?). Los materiales hasta nuestros días (ensayo). Tipos de materiales (elección de un material a partir de sus propiedades). Nuevos materiales al Boeing 787 (Lectura, cuestiones y opinión). Los nanotubos de carbono (búsqueda de información).

Secciones adicionales:

Documentos: Ninitol: un metal con memoria.

Mapa conceptual de síntesis.

Los materiales y los ciclos de producción

Contenidos. Los materiales de los teléfonos móviles (los plásticos de las carcasas y las pantallas, los metales de las baterías). Los materiales de las bolsas de plástico. Los residuos que generamos. Las incineradoras y los vertederos de basuras.

Actividades: Actividad exploratoria inicial (móviles y bolsas de plásticos). La minimización del impacto ambiental de los móviles (búsqueda de soluciones) y de las bolsas de plástico (valoración de las posibles soluciones). La generación de residuos (interpretación de un gráfico, búsqueda de información en internet, cálculos a partir de los datos obtenidos). La gestión responsable de los residuos (búsqueda de información en internet, elaboración de un esquema y justificación de los riesgos). La reutilización y el reciclaje de los plásticos (búsqueda de información y argumentación). *Actividades finales.* Interpretación de un gráfico sobre la evolución de los residuos en Cataluña. Diseño de una campaña municipal para la reducción de residuos. La alternativa de los bioplásticos.

Documentos: La explotación del coltán en Africa. El reciclaje de los móviles.

CNC. McGraw Hill

El ser humano y los materiales

Contenidos. Los primeros materiales. Clasificación de los materiales. Los metales. Un metal en auge: el titanio. Nuevos materiales: piezoelectricidad, materiales superconductores y superplásticos, materiales para el espacio, avances en ingeniería y construcción. Polímeros (historia, clasificación, propiedades). La nanotecnología. Control de los recursos. Perspectivas actuales.

Actividades. Actividades de tipo cuestión en el texto y al final. Al final tres artículos científicos y tres de opinión sobre tres temas diferentes (nanotubos, nanomáquinas terapéuticas, alerta sobre los riesgos para la salud y el medio ambiente de la nanotecnología) con actividades propuestas para cada uno de ellos (cuestiones, interpretación del texto, búsqueda de información, etc.).

Secciones adicionales:

Vocabulario: cuadro de definiciones (polimerización, monómero,..)

Artículos científicos y de opinión con actividades.

La gestión de nuestros residuos

Contenidos. Una visión global. Residuos sanitarios. Residuos agropecuarios. Residuos industriales. Residuos radioactivos. Residuos sólidos urbanos. Plásticos. Materia orgánica. Vidrio. Papel y cartón. Madera. Metales.

Actividades. Del mismo tipo que en el capítulo anterior.

Del breve análisis de las unidades sobre Materiales en estos cuatro libros de texto, podemos concluir:

- Un tratamiento similar de los contenidos específicos, si bien desarrollados con diferente extensión según los libros.
- La utilización en tres de ellos de cuadros o mapas conceptuales de síntesis al final de la unidad.
- La utilización de actividades iniciales exploratorias de las ideas de los alumnos nada más en uno de ellos.
- El uso de recuadros internos con información adicional, bien conceptual o de ampliación de contenidos, en todos ellos, pero con diferentes orientaciones y denominaciones: Para saber más, Descubrimientos clave, Documentos, Vocabulario.
- Un uso amplio de actividades del tipo (lectura, cuestiones, búsqueda de información) en todos los libros, pero más limitado (solo en dos de ellos) de actividades de comunicación de rango superior (de justificación, argumentación y debate). Un uso muy limitado de actividades experimentales y de juegos de rol y de toma de decisiones. En el caso que se incluyan actividades experimentales son del tipo experimento, pero no de investigación.

Obviamente este análisis no pretende ser una evaluación de los libros observados, ya que ello requeriría hacerlo sobre la totalidad del texto y no sobre una o dos únicas unidades.

CONCLUSIONES

El recorrido que hemos hecho nos ha permitido reflexionar sobre las luces y las sombras de los intentos realizados hasta el momento para contextualizar el currículum de química en la ESO y el bachillerato, concretamente, en relación a la introducción al estudio de los materiales. También nos ha permitido darnos cuenta de la gran cantidad de recursos didácticos de que disponemos, producto de las experiencias y proyectos que se han ido elaborando en muchos países a lo largo de los últimos años, incluido el nuestro.

Al analizar las unidades sobre Materiales de algunos de los libros de texto de la nueva asignatura CMC hemos visto reflejados en ellos muchos de los contenidos y actividades sobre materiales de los que hubiéramos querido disponer en los libros de texto de química la ESO y del bachillerato, para mejorar la contextualización de sus contenidos. Hemos apreciado aciertos por presentar la materia de forma atractiva y bien estructurada, pero también, como ocurre también todavía en muchos de los libros de la ESO y el bachillerato, una escasez de actividades de comunicación (opinión, justificación, argumentación, debate,...) y de carácter investigativo en algunos de ellos.

El enfoque indagativo (Anderson 2007; High Level Group on Science Education. 2007) y con autonomía en el trabajo de los alumnos, que creemos adecuado para tratar el tema de Materiales, así como el resto de temas de CMC, va a precisar explorar todos los recursos existentes, diseñar y experimentar una

gran cantidad de nuevas actividades, y el trabajo conjunto del profesorado implicado a través de grupos de trabajo, seminarios de innovación y de plataformas de comunicación en la red con profesores y profesoras que estén experimentando nuevas formas de hacer, para aunar esfuerzos y compartir experiencias.

Los recursos y actividades que provienen de los proyectos CTS de materias científicas de modalidad pueden ser de gran ayuda para la asignatura CMC. A la vez el campo de experimentación de nuevos métodos y actividades de aula que va a permitir esta asignatura es de esperar que revierta en nuevas formas de entender y actuar en el currículum de las materias científicas de modalidad, así como en la actualización de muchos de sus contenidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASE (1986). SATIS 14-16 *Science and technology in society*. 10 vol. Association for Science Education. RU.

ASE (1992). SATIS 16-19. *Science and technology in society*. 4 vol. Association for Science Education. RU.

AAVV (2000). *Más Ciencia (Ciencia, tecnología y sociedad en secundaria)*. Adaptación del proyecto SATIS. Diputación General de Aragón.

AAVV (2008). Los nuevos currículos de física, química y biología en el bachillerato en Cataluña. *Alambique*, 56, pp. 51-70.

Anderson, R.D. (2007). Inquiry as an organizing theme for Science Curricula, en S.K. Abell, N.G. Lederman, (eds.), *Handbook of Research on Science Education*. Routledge.

Bernal, J.M. (2008). La función educativa de las auditorías científicas: enseñar a aprender ciencias para la vida, en AAVV, *Ciencias para el mundo contemporáneo. Aproximaciones didácticas*, pp. 45-80. FECYT.

Bulte, A., de Jong, O., Pilot, A. (2005). *A development research approach to designing a chemistry curriculum using authentic practices as contexts*. Comunicación presentada en ESERA Conference, Barcelona.

Burden, J. (2005). Ciencia para el siglo XXI: un nuevo proyecto de ciencias para la educación secundaria en el Reino Unido. *Alambique*, 46, pp. 68-79.

Burton, G., Holman, J., Lazonby, J., Pilling, G., Waddington, D. (2000). *Salters Advanced Chemistry*. 2ª edición. Oxford: Heinemann.

Caamaño, A. (1998). Materia y materiales en la enseñanza secundaria. Los niveles estructurales de la materia. *Aula de innovación educativa*, 69, pp.6-12.

Caamaño, A. (2006). Retos del currículum de química en la educación secundaria. La selección y contextualización de los contenidos de química

en los currículos de Inglaterra, Francia y España. *Educación Química*, 17, pp.195-208.

Caamaño, A. (2007a). El currículo de física y de química en la educación secundaria obligatoria en Inglaterra y Gales, Portugal, Francia y España. *Alambique*, 53, pp.22-37.

Caamaño, A. (2007b). Modelizar y contextualizar el currículum de química: un proceso en constante desarrollo, en M. Izquierdo, A. Caamaño, M. Quintanilla, *Investigar en la enseñanza de la química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar*. Universidad Autónoma de Barcelona.

Caamaño, A., Obach, D., Pérez-Redón, E. (2005). *Física i Química. Ciències de la Naturalesa*. Teide. Barcelona.

Caamaño et al. (1996). *La matèria i els seus canvis*. Ciències de la Naturalesa. ESO. Segon Cicle. Teide. Barcelona.

Caamaño et al. (1997). *Els materials que ens envolten*. Ciències de la Naturalesa. ESO. Primer Cicle. Teide. Barcelona.

Caamaño, A. et al. (1999). *La matèria: estructura i canvi químic*. Ciències de la Naturalesa. ESO. Teide. Barcelona.

Caamaño, A., Correig, M.T., Grau, R., Guash, E., Lozano, M.T., Mayós, C., Parejo, C., Varela, X. (2000). *Crèdit 7. Els materials*. Projecte GAIA (12-16) *Ciències de la Naturalesa*. ECIR.

Costa, J. A. , Magalhães, C., Martins, I., Lopes, J. M, Otilde, M^a., Sobrinho, T., (2003). La química en la educación secundaria en Portugal: una perspectiva de cultura científica. *Alambique*, 36, pp. 68-75.

De Pro (coord.) (2007). Monográfico: Los nuevos currículos en la ESO. *Alambique*, 53.

De Pro, A. (2008). Ciencias para el mundo contemporáneo: una posibilidad de modificar la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 56, pp. 87-97.

Dos Santos, W.L.P., et al. (2004). *Projeto de Ensino de Química e Sociedade*. Ensino Médio. Editora nova geração.

FECYT (2008). *Ciencias para el mundo contemporáneo. Aproximaciones didácticas*. Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología

Grup Salters (1999). *Química Salters (Materials per al batxillerat)*. Departament d'Ensenyament. Generalitat de Catalunya.

Grupo Salters (1999). Proyecto Química Salters. *Cuadernos de Pedagogía*, 281, pp. 68-72.

Grupo Salters (2000). *Química Salters. Bachillerato*. Centro de Investigación y Documentación Educativas (CIDE). Madrid,

Gutiérrez, M.S., Gómez Crespo, M.A., Martín-Díaz, M.J. (2008). ¿Basta con decretar un nuevo currículo de química? *Alambique*, 56, pp.20-27.

High Level Group on Science Education. 2007. *Science Education now: a renewed pedagogy for the future of Europe*. European Commission. Community Research.

Hill, J.W., Kolb, D.K. (1999). *Química para el nuevo milenio*. Pearson. 8ª edición.

Hunt, A., Millar, R. (ed.) (2000). *AS Science for public understanding*. Heinemann. Londres.

Martín-Díaz, M.J., Niedo, J., Pérez, A. (2008). Las ciencias para el mundo contemporáneo, asignatura común del bachillerato. *Alambique*, 56, pp.80-86.

Melo, A., Mendes, A., Lope, S., Rueda, C., Gómez-Crespo, M.A., Caamaño, A. (2008). Comunicaciones presentadas en la mesa redonda: Integración de los contenidos CTS. De los currículos a la práctica en el aula. Actas en CD-ROM del V Seminario Ibérico (I Seminario Iberoamericano) CTS en la enseñanza de las ciencias. *Educación científica y desarrollo sostenible*. Universidad de Aveiro.

Millar, R., Hunt, A. (2006). La ciencia divulgativa: una forma diferente de enseñar y aprender ciencias. *Alambique*, 49, pp.20-29.

Nentewig, P., Demuth, R., Parchmann, I., Gräsel, C., Ralle, B. (2007). Chemie im Kontext: Situating Learning in Relevant Contexts while Systematically Developing Basic Chemical Concepts. *Journal of Chemical Education*, 84, 9, pp.1439-1444.

Nuffield-Chelsea Curriculum Trust (1988) *Nuffield Co-ordinated Sciences. Chemistry*. Longman.

Pedrinaci, E. (2006). Ciencias para el mundo contemporáneo: ¿una materia para la participación ciudadana". *Alambique*, 49, pp.9-19.

Pedrinaci, E. (2008). ¿Qué podemos esperar de la nueva asignatura de Ciencias para el mundo contemporáneo? Actas en CD-ROM del V Seminario Ibérico (I Seminario Iberoamericano) CTS en la enseñanza de las ciencias. *Educación científica y desarrollo sostenible*, p.21. Universidad de Aveiro.

Pérez Sánchez, A. A. (2008). La era del silicio, en AAVV, *Ciencias para el mundo contemporáneo. Aproximaciones didácticas*, pp. 233-274. FECYT.

RSC (1999). *The age of the molecule*. Royal Society of Chemistry. Londres.

RSC (2000). *Cutting edge Chemistry*. Royal Society of Chemistry. Londres.

Salters' Science Project. (1990). University of York, Reino Unido. Oxford: Heinemann Educational.

Westbroek, H. B., Bulte, A., Pilot, A. (2001). 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.