



ENSEÑAR QUÍMICA EN CONTEXTO: UN RECORRIDO POR LOS PROYECTOS DE QUÍMICA EN CONTEXTO DESDE LA DÉCADA DE LOS 80 HASTA LA ACTUALIDAD

Resumen

El presente artículo realiza un recorrido por la evolución de los currículos y los proyectos de química en contexto desde los años 80 hasta la actualidad, destacando cómo las reformas de los sistemas educativos y las nuevas perspectivas y enfoques didácticos han ido conformando cambios en el currículum de química en las últimas cuatro décadas. El estudio intenta recoger las innovaciones y los materiales curriculares más significativos que se han desarrollado en EUA y en varios países europeos y latinoamericanos, iniciando el recorrido en los años 60 y 70 para poder comprender mejor el cambio que ha significado la incorporación de la perspectiva CTS y de la química en contexto en el currículum de química.

Palabras clave: química en contexto, proyectos de química, currículum de química, educación secundaria.

TEACHING CHEMISTRY IN CONTEXT: A JOURNEY THROUGH THE CONTEXT-BASED CHEMISTRY PROJECTS SINCE THE 1980s UP TO THE PRESENT DAY

Abstract

This article reviews the evolution of curricula and projects of chemistry in context from the 80s to the present, highlighting how the reforms of educational systems and new perspectives and didactic approaches have gone shaping changes in the chemistry curriculum in the last four decades. The study tries to collect the innovations and the most significant curricular materials that have been developed in the USA and in several European and Latin American countries, initiating the route in the 60s and 70s to better understand the change that has meant the incorporation of the STS and the chemistry in context perspectives in the curriculum of chemistry.

Keywords: chemistry in context, chemistry projects, chemistry curriculum, secondary education

Autor: Aureli Caamaño¹

¹ Sociedad Catalana de Química
aurelicaamano@gmail.com



ENSEÑAR QUÍMICA EN CONTEXTO: UN RECORRIDO POR LOS PROYECTOS DE QUÍMICA EN CONTEXTO DESDE LA DÉCADA DE LOS 80 HASTA LA ACTUALIDAD

La enseñanza contextualizada de la química y la estructura curricular

Antes de referirnos a los proyectos de química en contexto, puede ser conveniente revisar en qué consiste la enseñanza contextualizada de la ciencia y de la química en particular. Por contextualizar la ciencia se entiende relacionarla con la vida cotidiana de los estudiantes y hacer ver su interés para sus futuras vidas en los aspectos personal, profesional y social. La manera de utilizar el contexto –las aplicaciones de la ciencia y las interacciones entre la ciencia, la sociedad y el medio ambiente- permite diferenciar tres enfoques de la enseñanza de las ciencias: 1. Se parte de los conceptos para interpretar y explicar el contexto; 2. Se parte del contexto para introducir y desarrollar los conceptos y modelos; 3. Se parte del contexto para llegar a los conceptos y estos se aplican finalmente para explicar nuevos contextos.

Desde el punto de vista teórico la enseñanza contextualizada se fundamenta en la visión del aprendizaje situado. Mientras que las teorías cognitivas consideran el conocimiento como una entidad abstracta que se encuentra en la mente de los individuos, los enfoques «situados» enfatizan la situación y el contexto en el cual el aprendizaje tiene lugar. La tesis principal del aprendizaje situado es que, para que la transferencia de conocimiento se produzca, el conocimiento debe ser adquirido en un proceso autodependiente y activo y en un contexto auténtico. Reinmann-Rothmeier y Mandl (Mandl y Kopp, 2005) consideran seis características básicas del aprendizaje que emerge de una perspectiva constructivista:

1. El aprendizaje es un proceso de construcción activo (con participación autónoma y activa del que aprende).
2. Es un proceso constructivo basado en el conocimiento previo y en la interpretación de las experiencias individuales.
3. Es un proceso emocional (la adquisición del conocimiento precisa de sentimientos positivos en el proceso de aprendizaje).
4. Es un proceso autodirigido (el que aprende debe controlar y dirigir su propio proceso de aprendizaje).
5. Es un proceso social (ocurre en interacción con otros).
6. Es un proceso «situado» (la adquisición del conocimiento siempre tiene lugar en un contexto o situación específica).

La última de las características es una de las razones que justifica el aprendizaje de la química en contexto. Obviamente, hay otros argumentos a favor, que tienen que ver con una concepción de la enseñanza de la química desde una perspectiva de ciencia-tecnología-sociedad, que propone incorporar contextos relacionados con la química



cotidiana, las aplicaciones de la química en los diferentes campos de la actividad humana, las relaciones química-sociedad, el medio ambiente y la sostenibilidad, y la naturaleza y la filosofía e historia de la química.

Uno de los contextos químicos más utilizados son los fenómenos y materiales de la química cotidiana. Varios autores han analizado la función de estos contextos y han propuesto clasificaciones de las actividades que aparecen en publicaciones de uso escolar (Jiménez y De Manuel, 2009; Martínez-Del Águila, Jiménez-Liso, 2012; Fernández-González y Jiménez-Granados, 2014; Cortés-Galera, Montoro-Medina, Jiménez-Liso, Gil-Cuadra, 2016). Otros de los contextos habituales son las aplicaciones químicas y los temas sociocientíficos relacionados con el medio ambiente, la energía, la salud, etc. (Solbes, Ruiz y Furió, 2010). Por último, hay que tener en cuenta los contextos relacionados con la naturaleza de la química, la tecnología y la historia de la química (Vázquez y Manassero, 2012).

Van Berkel, de Vos, Verdonk y Pilot (2000) han utilizado tres categorías para analizar el currículum de química escolar: 1. La estructura sustantiva (conceptos, relaciones y técnicas químicas). 2. La estructura filosófica (fundamentos y metodología de la ciencia, y fundamentos y metodología de la química). 3. La estructura pedagógica (objetivos, enfoques de enseñanza y de aprendizaje). Estos autores critican el currículum de química escolar tradicional por considerarlo una combinación rígida de una *estructura sustantiva* basada fundamentalmente en la teoría corpuscular, una *estructura filosófica* basada en el positivismo educativo, y una *estructura pedagógica* basada en la formación de futuros químicos. Consideran que la educación química tradicional está aislada del sentido común, de la vida cotidiana y la sociedad, de la historia y de la filosofía de la ciencia, de la tecnología, de la física y la biología escolar, y de la investigación química. Y proponen un currículum de química basado en la historia y la filosofía de la ciencia, y en las relaciones entre la química, la tecnología y la sociedad.

El currículum de química en contexto puede ser analizado desde diferentes niveles de representación del currículum (Van den Akker, 1998): el *currículum ideal* (finalidades del currículum, problemas existentes con los currículos oficiales, etc.), el *currículum formal* (principios teóricos del diseño, estructura), el *currículum percibido* (implicación de estudiantes y profesores en el desarrollo del currículum, creencias y preocupaciones de los profesores), el *currículum operacional y aprendido* (transformación del esquema en materiales de aprendizaje y enseñanza y uso de los principios de diseño, organización y efectividad del desarrollo profesional del profesorado), el *currículum experimentado* (evaluación de las experiencias de los estudiantes, relación del esquema escogido y los materiales de aprendizaje y enseñanza), el *currículum alcanzado* (evaluación de los resultados, comparación con los currículos preexistentes). Este esquema ha sido aplicado para comparar varios proyectos de química en contexto por Pilot y Bulte (2006).

Retos de la enseñanza de la química en contexto

El desarrollo de currículos de química en contexto ofrece grandes ventajas, pero también implica algunos problemas que deben ser superados, que tienen que ver con el equilibrio y la integración de los diferentes contenidos, el aprendizaje bien estructurado de los conceptos y modelos, y la capacidad de transferencia a otros contextos. Gilbert (2006) ha descrito los siguientes retos que deben afrontar los currículos de química en contexto:



1. Evitar un currículum sobrecargado mediante una adecuada selección de los contenidos.
2. Capacitar a los estudiantes para desarrollar un esquema mental coherente sobre los conceptos químicos.
3. Hacer posible la transferencia, es decir, facilitar a los estudiantes conectar lo que han aprendido en una situación con otra situación.
4. Relacionar el aprendizaje en química con elementos que son relevantes personalmente para los estudiantes.
5. Seleccionar un conjunto equilibrado de énfasis curriculares más allá de los conceptos, las explicaciones y el desarrollo de las habilidades científicas, como son la química cotidiana, la ciencia, la tecnología y las decisiones, y la naturaleza de la ciencia.

En el análisis de los proyectos de química en contexto es necesario prestar atención a la forma en que se integran los contenidos conceptuales y los procesos de indagación, modelización y argumentación con los contextos.

- Por lo que respecta a los contenidos conceptuales, interesa destacar la selección de ideas químicas centrales que se adopta, y la forma en que se aprenden estos contenidos, es decir, si se presentan de una forma expositiva o bien se promueve la participación de los estudiantes en la elaboración de los modelos.
- Por lo que respecta al aprendizaje de los procedimientos interesa valorar hasta qué punto se promueve un enfoque indagativo en las actividades experimentales y argumentativo en las actividades de interpretación de fenómenos y de debate de temas sociocientíficos.
- Por lo que respecta a los contextos, es importante constatar el equilibrio entre los contextos escogidos relacionados con la naturaleza de la química, las aplicaciones de la química y las relaciones química-sociedad.

La forma más habitual de introducir estos contextos es mediante lecturas, narraciones o pequeños ensayos en los materiales de los proyectos, que van acompañadas de una serie de cuestiones. Un aspecto relevante es analizar el grado de imbricación efectivo de estas lecturas o narraciones químicas con los conceptos y con las actividades experimentales y de debate que se proponen, es decir, evaluar hasta qué punto están relacionados lecturas CTS, conceptos y actividades.

Sobre la cuestión de cuáles han de ser las ideas centrales que deben constituir el currículum de química diferentes autores han expresado sus opiniones. Kira Padilla (2006) en un artículo-editorial de un monográfico de *Educación Química* dedicado a este tema comparó las propuestas de una serie de autores (Gillespie, Atkins, Caamaño, Garritz, Spencer) y la estructura conceptual de una serie de libros de química de bachillerato y de química general. Más recientemente Talanquer (2016) ha propuesto seis ideas o procesos organizativos del currículum de química: la caracterización de las sustancias, la determinación de la estructura, la predicción de las propiedades, el análisis de las reacciones, el control de las reacciones y la acción sostenible.



Talanquer (2013) ha propuesto diez facetas del conocimiento químico entre las cuales estarían los temas de contexto, las consideraciones filosóficas y las perspectivas históricas como elementos contextuales del currículum. Las diez facetas propuestas son: 1. Grandes ideas; 2. Cuestiones esenciales (análisis, síntesis, transformaciones y modelos); 3. Conceptos transversales (estructura y función, patrones, causa y efecto); 4. Dimensiones conceptuales (composición y estructura, energía y tiempo); 5. Tipos de conocimientos (experiencias, modelos, visualizaciones). 6. Escalas o niveles (macroscópico, multipartículas, mesoscópico, supramolecular, molecular y subatómico); 7. Modos de razonamiento (basado en modelos, casos y reglas); 8. Temas de contexto, que implican la aplicación del conocimiento químico y las formas de pensar a la elaboración de explicaciones y predicciones, el diseño de métodos y prototipos, y el análisis y evaluación de los costos y beneficios sociales, económicos y medioambientales de las actividades químicas; 9. Consideraciones filosóficas (conceptos químicos, leyes químicas, modelos químicos, lenguaje químico); 10. Perspectivas históricas.

La sexta faceta hace referencia a los diferentes niveles conceptuales de la química (macroscópico, submicroscópico y subatómico). El análisis de estos niveles de conceptualización y de las diferentes formas de representación (verbal, gráfica, simbólica, etc.) de las entidades y los fenómenos químicos es de interés para el desarrollo del currículum de química y para situar la elaboración de modelos y explicaciones en el nivel de conceptualización adecuado. Por ejemplo, la opción de partir del contexto en el desarrollo de unidades didácticas implica por lo general partir del nivel macroscópico (el mundo de los materiales, las sustancias y los procesos macroscópicos) en la secuenciación de los contenidos, y abordar a continuación el nivel submicroscópico en los procesos de modelización de las sustancias y de los cambios químicos. Estos modelos submicroscópicos pueden a su vez ser aplicados a nuevos contextos en el nivel macroscópico, estableciéndose así una interacción continua entre los diferentes niveles conceptuales y representacionales de la química. Para tener una visión más detallada de los niveles de conceptualización y representación de la química se pueden consultar las aportaciones de Talanquer (2011), Chamizo (2010, 2011), Taber (2013) y Caamaño (2014a).

Diferentes tipos de proyectos

En este artículo se aborda fundamentalmente una descripción de los proyectos y materiales curriculares de química en contexto que han tenido mayor influencia en Europa, EUA y algunos países de Iberoamérica en las últimas décadas, destacando la filosofía de estos proyectos y sus procesos de elaboración y de evaluación, si la ha habido. Nos hemos centrado en proyectos correspondientes a la educación secundaria, si bien también hemos hecho referencia a algunos proyectos para los cursos de química general universitarios en EUA para estudiantes no de ciencias, cuyo nivel no es muy distinto al de los cursos de bachillerato del resto de países.

La elaboración de nuevos proyectos en muchos casos tiene su origen en una reforma curricular del país en que se producen, para responder a los nuevos estándares o criterios curriculares. En otros casos, proyectos de desarrollo curricular y de investigación previos llevados a cabo desde las universidades constituyen el fundamento de las reformas



curriculares. Una vez establecido un nuevo currículum, en algunos países como México y Brasil se establecen concursos para seleccionar los mejores proyectos, que son ofrecidos gratuitamente a las escuelas; en otros no existe ninguna selección y las editoriales compiten en ofrecer diferentes proyectos. En Europa, hay proyectos de innovación financiados por la Unión Europea con la participación de profesores de diferentes países; en este caso es obligación que los materiales elaborados sean de acceso libre y que el proyecto incluya un programa de actividades de difusión de los materiales y de formación del profesorado.

Muchos de los proyectos de química para la educación secundaria han sido elaborados por equipos mixtos de profesores universitarios y de profesores de secundaria, o bien han sido elaborados por profesores de secundaria coordinados por profesores universitarios asociados a departamentos de química o de didáctica de la química. Existe también proyectos elaborados únicamente por profesores de secundaria, especialmente en Europa.

Es preciso resaltar que algunos proyectos se centran fundamentalmente en la elaboración de los materiales y las guías didácticas, especialmente los financiados por las editoriales, mientras que otros dan una gran importancia a la participación del profesorado experimentador en la revisión de los materiales y a los procesos de formación del profesorado. Por lo que respecta a su evaluación, algunos han sido evaluados a través de trabajos de investigación llevados a cabo por equipos asociados a los centros universitarios que los han promovido, y otros no han tenido ningún tipo de evaluación formal.

El enfoque en contexto es el elemento principal que caracteriza la mayoría de los proyectos de química que describimos, pero no debemos olvidar que los mismos proyectos pueden ser analizados en relación al enfoque indagativo (enseñanza de la química basada en la indagación) y en el enfoque modelizador (enseñanza de la química basada en la elaboración de modelos). La descripción de las unidades, de los temas CTS y del tipo de actividades de los proyectos nos permitirá comparar la selección y secuenciación de los contenidos por la que se ha optado, y aproximarnos al enfoque didáctico subyacente, así como a la forma de integración de los diferentes tipos de contenidos.

Los primeros proyectos de química en contexto aparecen en la década de los años 80, pero no es posible comprender el significado de los cambios que se produjeron sin tener en cuenta cuáles fueron los fundamentos que guiaron los proyectos de ciencias y de química de las dos décadas anteriores. Iniciaremos, por tanto, el recorrido en la década de 1960.

La década de 1960: grandes proyectos de química basados en los principios químicos y la experimentación

Los que comenzamos a trabajar como profesores de química a principios de los años 70 recordamos tres proyectos, dos americanos y uno inglés, como los proyectos de innovación de referencia para la enseñanza de la química de aquella época en la etapa del bachillerato. Nos referimos a los proyectos americanos CBA (*Chemical Bond Approach*) y CHEM Study (*Chemical Education Material Study*), iniciados en 1959, y al *Curso Básico de Química del Nuffield Science Teaching Project*, promovido en 1962 por la *Nuffield Science Foundation*.



Como es bien sabido, la elaboración de los dos proyectos americanos fue posible por la gran financiación que los EUA (Estados Unidos Americanos) dedicaron a finales de los años 50 para reformar la enseñanza de las ciencias en la educación secundaria, después del impacto que produjo en 1957 el lanzamiento soviético del Sputnik, el primer satélite artificial que se puso en órbita alrededor de la Tierra. La reforma curricular de ciencias fue promovida por la *National Science Foundation*. Ambos proyectos empezaron a desarrollarse en 1959.

El profesor Henry W. Heikkinen, que los utilizó en el inicio de su carrera profesional, describe así el impacto que tuvieron en las escuelas americanas:

Estos dos programas, hace medio siglo, catalizaron un cambio irreversible hacia una instrucción química basada en la evidencia y en el uso del laboratorio. (Heikkinen, 2010: 681)

El principal énfasis de los dos programas se puso en los modelos químicos y en su contrastación experimental, para explicar las regularidades observadas en los fenómenos químicos. Ambos proyectos dieron mucha importancia a la experimentación, como puede deducirse del hecho que se publicaran manuales de laboratorio separados de los libros de texto, una novedad en aquella época.

Se podría decir que el CHEM dio más importancia a la experimentación (de hecho, el subtítulo del libro era "Una ciencia experimental"), mientras que el CBA («Una aproximación al enlace químico») concedió más importancia a los modelos. En ambos proyectos se animaba a los estudiantes a diseñar y planificar sus propias actividades de indagación experimental.

Los cambios más relevantes que estos dos proyectos produjeron en la enseñanza de la química fueron los siguientes:

- A diferencia de los textos de química anteriores, que se estructuraban alrededor del estudio de las propiedades, la obtención y las aplicaciones de las sustancias, estos nuevos proyectos se centraron en los principios que gobiernan la reacción química. Por ejemplo, conceptos como la constante de equilibrio, la variación de la entalpía de reacción y la variación de la entropía de reacción pasaron a ser objeto de estudio en los textos de química de la educación secundaria.
- El objetivo de las actividades de laboratorio cambió. De ser unas actividades pensadas para confirmar la teoría aprendida antes en las clases, pasaron a ser una ocasión para que los alumnos se plantearan cuestiones para indagar, obtuvieran evidencias experimentales e interpretaran los hechos.

Los materiales de estos proyectos fueron traducidos por la editorial Reverté y tuvieron una gran difusión en España y en muchos países iberoamericanos. El libro de texto del CBA fue traducido con el título de «Sistemas químicos» (CBA, 1966) y el del *CHEM Study*, por «Química. Una ciencia experimental» (Pimentel, 1972). Las unidades de los dos proyectos se muestran en los cuadros 1 y 2.



1. La naturaleza del cambio químico (la ciencia del cambio químico, mezcla y cambio químico, gases, moléculas y masas). 2. Naturaleza eléctrica de los sistemas químicos (electricidad y materia, separación de carga y energía, naturaleza eléctrica de la materia). 3. Los modelos como ayuda para la interpretación de los sistemas (estructura química y eléctrica, teoría cinético-molecular, capacidad de cambio de temperatura, electrones, núcleos y orbitales). 4. Enlaces en los sistemas químicos (metales, sólidos iónicos, iones en disolución). 5. Orden, desorden y cambio (energía libre y transferencia de electrones, concentración y cambio químico, ácidos y bases, tiempo y cambio químico, agua).

Textos: Breves biografías de químicos.

Cuadro 1. Unidades de *Sistemas Químicos* (CBA) (1966)

1. Química: una ciencia experimental. 2. Un modelo científico: la teoría atómica 3. Reacciones químicas. 4. Gases: la teoría cinética. 5. Líquidos y sólidos: las fases condensadas de la materia. 6. La estructura del átomo y la tabla periódica. 7. Efectos energéticos en las reacciones químicas. 8. Velocidad de las reacciones. 9. Equilibrio en las reacciones químicas. 10. Equilibrio de solubilidad. 11. Ácidos y bases en solución acuosa. 12. Reacciones de oxidación-reducción. 15. Radiación electromagnética y estructura atómica. 16. Las moléculas en fase gaseosa 17. Los enlaces en los sólidos y en los líquidos 18. La química de los compuestos de carbono. 19. Los halógenos. (...) 24. Algunos aspectos de la bioquímica. 25. La química de la Tierra, de los planetas y de las estrellas.

Cuadro 2. Unidades de *Química. Una ciencia experimental* (CHEM) (1972)

El *Curso Básico de Química Nuffield* fue un proyecto de química inglés para alumnos de 11 a 16 años que fue publicado por la editorial Reverté en dos volúmenes: *Química. Curso modelo. Fases I y II: Curso básico* (Nuffield Science Foundation, 1970) (cuadro 3) y *Química. Curso modelo. Fase III: Curso de opciones* (Nuffield Science Foundation, 1973). En 1970 se publicaron los libros de química para el bachillerato *Chemistry. Student's Book I* y *Chemistry Student's Book II*, que fueron traducidos al español en 1975 como *Química Avanzada Nuffield. Libro del alumno I* y *Química Avanzada Nuffield. Libro del alumno II* (Nuffield Science Foundation, 1975).

Fase I. Exploración de los materiales

Obteniendo sustancias puras del mundo que nos rodea. Los efectos de calentar las sustancias. Hallando nuevos hechos acerca del aire. El problema de la combustión. Los elementos. Competición entre los elementos. El agua como producto de combustión. Los efectos de la electricidad sobre las sustancias. Productos químicos obtenidos de las rocas. Productos químicos obtenidos a partir del mar.

Fase II. Uso de las ideas acerca de los átomos y las partículas

Las ideas que usan los químicos: Los átomos en química. Investigación de la sal común. Los elementos a la luz del sistema periódico. Sólidos, líquidos y gases. Comportamiento de los electrólitos. Número relativo de partículas que participan en las reacciones. Velocidades y catalizadores. La idea de equilibrio dinámico. Investigando los ácidos.

Obtención de dominio sobre los productos químicos: Macromoléculas. La química y el problema de la alimentación. Productos químicos y energía. Radioquímica.

Cuadro 3. Unidades de *Química. Curso modelo. Fases I y II. Nuffield* (1970)



La década de 1970: la simplificación de los proyectos anteriores

En los años 70 se elaboraron en EUA e Inglaterra una serie de proyectos de ciencias guiados por el objetivo de hacer más asequibles las ciencias a aquellos estudiantes para los cuales los proyectos surgidos en la década anterior eran demasiado difíciles.

En EUA aparece una serie revisiones autorizadas del CHEM Study. En 1970 se publicó Chemistry. *Química Experimental Foundations*, que fue traducida al español con el título de *Química. Fundamentos experimentales* (Parry, Steiner, Tellefsen y Dietz, 1973) y unos años más tarde *Chemistry: Experiments and Principles*, que fue traducido al español con el título de *Química: experimentos y teorías* (O'Connor, Davis, Haenisch, MacNab, McClellan, 1977). También subvencionado por la *National Science Foundation* se elabora el *Curso de Introducción a las Ciencias Físicas. Nivel Intermedio* (Grupo IPS, 1973), traducción del *College Introductory Physical Science*, para estudiantes de educación secundaria obligatoria (cuadro 4).

1. Introducción.
2. Medida de la materia.
3. Propiedades características.
4. Solubilidad.
5. La separación de las sustancias.
6. Compuestos y elementos.
7. Radioactividad.
8. El modelo atómico de la materia.
9. Tamaños y masas de átomos y moléculas.
10. Movimiento molecular.

Cuadro 4. Unidades del *Curso de Introducción a las Ciencias Físicas* (1973)

En Inglaterra aparecen una serie de nuevos proyectos de la Fundación Nuffield: el proyecto de ciencia integrada *Nuffield Secondary Science* (1971), del cual nada más se tradujeron dos volúmenes al español, publicados como *Proyecto Nuffield para la Ciencia Secundaria* (1975), y el *Nuffield Science 13 to 16* (1980), uno de los primeros cursos de estructura modular. También es destacable la *Química Elemental Básica 1. La sustancia y sus cambios* (Cane y Sellwood, 1975) y la *Química Elemental Básica 2. Elementos y compuestos* (Cane y Sellwood, 1978), traducción de *Substance and change* y *Elements and Compounds*, respectivamente, que representaron un nuevo tratamiento de la química elemental basada en la filosofía del Proyecto Nuffield (cuadro 5).

Química Elemental Básica 1: 1. Haciendo cambiar una sustancia. 2. Composición de una sustancia pura. 3. Medida de la cantidad de sustancia. 4. ¿Qué es la sustancia llamada aire?

5. Sustancias ácidas y alcalinas. 6. Examen de rocas y cristales.

Química Elemental Básica 2: 1. Teoría atómica. 2. Elementos (átomos y elementos; elementos, moléculas y estructuras). 3. Compuestos (moléculas y estructuras). 4. Iones (electrólisis, soluciones y sales, ácidos y bases). 5. Isótopos. 6. Familias químicas.

Cuadro 5. Unidades de *Química Elemental Básica 1 y 2* (1975,1978)

Todos estos proyectos ejercieron una notable influencia en el desarrollo de nuevos materiales para la enseñanza de la química. Por ejemplo, el *Curso modelo básico de la Química Nuffield*, la *Química Elemental Básica 1 y 2*, el *Curso de Introducción a las Ciencias Físicas* y el *Curso Básico de Ciencias* de la *Open University* fueron los proyectos que sirvieron como punto de partida para el desarrollo en España de la *Química Faraday*.



La década de 1980: la irrupción del constructivismo y de los primeros proyectos CTS

La perspectiva constructivista

En la década de los 80 la perspectiva constructivista del aprendizaje de las ciencias cuestionó el carácter inductivista de la naturaleza de la ciencia que se consideraba que estaba subyacente en los proyectos anteriores, y puso el énfasis en los conocimientos previos de los estudiantes, que pasaron a considerarse un factor esencial en la interpretación de las experiencias y la formación de nuevos conceptos. Como consecuencia de esta nueva visión del aprendizaje de las ciencias se desarrolló un gran número de investigaciones sobre las ideas previas o concepciones alternativas de los estudiantes, cuyos resultados se difundieron a lo largo de los años 80 y 90.

El proyecto **CLISP** (*Children Learning in Science Project*, 1983-1988), dirigido por Rosalind Driver, fue uno de los proyectos pioneros en aplicar la visión constructivista del aprendizaje a la enseñanza de las ciencias. El constructivismo supuso un gran cambio de paradigma que influyó en la mayoría de los proyectos de innovación curricular que se elaboraron a partir de esta época. La mayoría de los proyectos que se desarrollaron a partir de esta década se adscribieron de uno u otro modo a esta perspectiva.

La **Química Faraday** fue uno de los primeros proyectos españoles para la enseñanza de la química que hizo suyos los principios de renovación de esta década. Se inició en 1976 por un grupo de profesores de secundaria que se denominaron *Grup Recerca*. En 1980 el equipo que elaboraba las unidades de química adoptó el nombre de *Grup Recerca-Faraday* y se centró en el desarrollo de los proyectos *Química Faraday* y *Física Faraday*. Ambos proyectos concedieron una gran importancia a la evolución histórica de los conceptos como hilo conductor de la estructuración de los contenidos. En la *Química Faraday* se trataba de construir los conceptos y modelos químicos como respuesta a las cuestiones básicas que se habían planteado a lo largo del desarrollo histórico de la química. En sus inicios siguió el enfoque de los proyectos Nuffield, IPS, Química Elemental Básica y Curso Básico de Ciencias de la Open University, pero progresivamente fue incorporando las nuevas perspectivas constructivistas en el diseño de las unidades y los procesos de modelización. La elaboración y experimentación de las unidades del proyecto se realizaron con el patrocinio del Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad Autónoma de Barcelona y del Colegio de Licenciados de Cataluña. El proyecto definitivo fue publicado en 1988 por la editorial Teide (Grup Recerca-Faraday, 1988). El cuadro 6 muestra las unidades del proyecto. El tipo de actividades incluía interpretación de fenómenos, elaboración de modelos, indagaciones experimentales, resolución de problemas, y cuestiones de recapitulación y síntesis.

Unidades

1. La medida del volumen y de la masa. 2. Propiedades características de las sustancias.
3. Elementos y compuestos. 4. Naturaleza atómica de la materia. 5. Cálculos con cantidades químicas. 6. La ordenación de los elementos. 7. La estructura de los gases, líquidos y sólidos.
8. Naturaleza eléctrica de la materia: iones. 9. Ácidos, bases y sales. 10. Las reacciones de oxidación-reducción. 11. El descubrimiento del electrón y los primeros modelos del átomo.
12. La naturaleza del enlace químico. 13. La química de los compuestos de carbono.

Cuadro 6. Unidades del proyecto *Química Faraday* (1988)



A la vez que la perspectiva constructivista ponía el énfasis en la formación de los conceptos, otros proyectos lo hicieron en los procesos de la ciencia, tales como el *Warwick Process Science* (1986) y el *Science in Process* (1987), constituyendo así el contrapunto didáctico a la perspectiva constructivista conceptual. Jerry Wellington fue el editor de una excelente monografía, *Skills and processes in Science Education. A critical analysis* (Wellington, 1989), que recogió el interesante debate de esta época entre los defensores de una enseñanza constructivista de la ciencia con énfasis en los conceptos y una enseñanza de las ciencias más centrada en los procesos de la ciencia.

La irrupción de los primeros proyectos de química con un enfoque CTS

Pero, por otro lado, la década de 1980 supuso la irrupción de una serie de proyectos de ciencia con un enfoque CTS (ciencia-tecnología-sociedad) y de proyectos de química en contexto. Los procesos de reforma de los sistemas educativos emprendidos con la finalidad de establecer una enseñanza comprensiva para toda la población escolar hasta los 16 años (ASE, 1984) favorecieron la evolución de los proyectos de ciencias hacia planteamientos de la educación ciencia-tecnología-sociedad (CTS), un movimiento que defendió que el concepto de la educación en ciencias se tenía que ampliar para incluir conocimientos de naturaleza de la ciencia, de las relaciones entre la ciencia y la tecnología, y de las implicaciones sociales de la ciencia.

En 1980 se inicia la elaboración del primer proyecto americano de química en contexto para la educación secundaria, *Chemistry in the Community*, comúnmente conocido como *ChemCom*, que fue publicado en 1988. El objetivo fundamental de este proyecto era mejorar el interés de los estudiantes de secundaria por la química, ofreciéndoles una química conectada con los problemas de la sociedad. En el curso se planteaban problemas cuya resolución implicaba un estímulo para adquirir conocimientos químicos, a la vez que se daba oportunidades para la toma de decisiones. La segunda versión de *ChemCom* (1993) fue traducida al español por Addison Wesley Longman con el título *QuimCom. Química en la comunidad* (American Chemical Society, 1998). Las unidades de este proyecto se muestran en el cuadro 7.

1. Cómo obtener el agua que necesitamos.
2. Cómo conservar los recursos químicos.
3. Petróleo: ¿construir o quemar?
4. Comprendamos los alimentos.
5. La química nuclear en nuestro mundo.
6. Química, aire y clima.
7. Salud: riesgos y opciones.
8. La industria química: promesa y reto.

Cuadro 7. Unidades del *QuimCom. Química en la comunidad* (1998)

El informe *Rethinking science. Teaching science in a social context* (ASE, 1984) fue uno de los primeros documentos programáticos que propusieron una enseñanza contextualizada de las ciencias en Inglaterra. De esta época son los primeros proyectos específicamente CTS para la educación secundaria, como el *Science in Society* (1981), el SISCON (*Science in a Social Context*) (1983) y el SATIS (*Science and Technology in Society*) (1986). La mayoría de los proyectos de ciencias para la etapa de 12 a 16 años adoptó una estructura integrada y centrada en los procedimientos en la etapa 12-14 años, y una estructura de ciencia coordinada en la etapa 14-16. Los proyectos de ciencia coordinada buscaban establecer una coordinación entre los contenidos de las tres disciplinas científicas básicas: química, física y biología, pero manteniendo la separación curricular de las disciplinas. En ambas



etapas se buscó un enfoque contextualizado de las ciencias.

Los proyectos de química en contexto ingleses más relevantes en esta época fueron el *Chemistry Salters Project* (1989), el *Nuffield Co-ordinated Sciences. Chemistry* (Hunt, 1989) y el *Salters Advanced Chemistry* (1994).

El ***Chemistry Salters Project*** (1989) fue un proyecto para alumnos de 13 a 15 años promovido por la universidad de York, que tomó como punto de partida para el estudio de la química temas como los alimentos, los vestidos, las bebidas, los materiales de construcción, los plásticos, etc. Las unidades del proyecto se muestran en el cuadro 8. Posteriormente este proyecto fue reelaborado e integrado en el ***Salters Science*** (1991), para adaptarse a la reforma curricular de la educación secundaria que tuvo lugar en Inglaterra y Gales en aquellos años, en la que las ciencias pasaron a considerarse un área curricular común hasta los 16 años.

1. Metales.
2. Bebidas.
3. Calor.
4. Vestidos.
5. Alimentos.
6. Transporte de productos químicos.
7. Plásticos.
8. Agricultura.
9. Procesamientos de alimentos.
10. Minerales.
11. Mantenerse limpio.
12. Edificios.
13. Haciendo uso de la electricidad.
14. Quemar y enlaces.
15. Combatiendo las enfermedades.
16. Energía para hoy y para mañana.

Cuadro 8. Unidades del *Chemistry. The Salters' Approach* (1989)

El ***Nuffield Co-ordinated Sciences. Chemistry*** (1989) fue uno de los proyectos de ciencia coordinada para la etapa 14-16 con más difusión en Inglaterra. En el cuadro 9 se muestran las unidades del proyecto. En la introducción del texto de química se destacaba la importancia práctica de la química y la visión del trabajo práctico como una actividad esencial para planificar y llevar a cabo investigaciones.

Chemistry is not only a theoretical subject, it is also about making things. It is about taking raw materials from the world about us and turning them into products which help to satisfy our everyday needs (Hunt, 1989, p. 4).

1. Materias primas (productos químicos derivados del petróleo, de las plantas y de los minerales).
2. Materiales útiles (materiales y estructura, vidrios y cerámica, metales y aleaciones, polímeros).
3. Química en nuestras casas (espumas, emulsiones, soles y geles, química de la limpieza, tintes, medicinas).
4. Cambios de energía en química (combustibles y baterías).
5. Suelo y agricultura (fertilizantes).
6. La tabla periódica, átomos y enlace.

Cuadro 9. Unidades del *Nuffield Co-ordinated Sciences. Chemistry* (1989)

Se puede obtener una visión más detallada de las diferentes tendencias curriculares de esta década en Europa en el artículo «Tendencias actuales del currículo de ciencias» (Caamaño, 1988).

La química en contexto en la década de 1990

La década de 1990 estuvo en gran parte condicionada por el gran número de reformas educativas y curriculares que se llevaron a cabo, en muchos casos continuación de las iniciadas en la década anterior (Caamaño, 2001).



Los proyectos de química en contexto en el sistema universitario de EUA

En el sistema educativo de EUA, los dos primeros cursos de universidad tienen un currículum muy generalista y los estudiantes cursan asignaturas muy diversas antes de especializarse. Esta estructura permite ofrecer cursos de química para estudiantes que no optan por carreras de ciencias, lo que posibilita profundizar menos en los conceptos y dedicar más atención al contexto por la vía de incorporar unidades sobre aspectos de química aplicada y de química y sociedad. Dos de los libros que responden a estas características son:

- ***Chemistry for Changing Times***, cuya primera edición data de 1972. En 1999 la 8^a edición se tradujo al español con el título de ***Química para el nuevo milenio*** (Hill, Kolb, 1999). Contiene capítulos dedicados a la química de la tierra, el aire, el agua, la energía, la bioquímica, los alimentos, los productos químicos para el hogar, la condición física y salud, la química y la agricultura, los fármacos y los venenos. Actualmente, *Chemistry for Changing Times* (Hill, McCreary, 2016) va por la 14^a edición y dedica una especial atención a la química verde.
- ***The Extraordinary Chemistry of Ordinary Things*** (Snyder, 2003), que contiene capítulos dedicados a los productos químicos, la polución y el medio ambiente, grasas y aceites, carbohidratos, proteínas, la química de la herencia, vitaminas, minerales y aditivos, polímeros y plásticos, cosmética y cuidado personal, y medicinas y drogas. La primera edición es de 1992. En la introducción se explica que se aborda la química desde los contextos de una ciencia experimental, relacionada con las cosas ordinarias de la vida cotidiana, y desde la necesidad de entender la química y sus relaciones con la sociedad.

Pero, el primer texto de química general en EUA con un enfoque claramente en contexto fue ***Chemistry in Context. Applying Chemistry to Society*** (Schwartz et al., 1994), dirigido a estudiantes universitarios no específicamente de ciencias. El ícono del proyecto, una tela de araña, quería representar las complejas conexiones que hay entre la química y la sociedad. El cuadro 10 muestra las unidades del proyecto.

1. El aire que respiramos. 2. Protegiendo la capa de ozono. 3. La química del calentamiento global.
4. Energía, química y sociedad. 5. La maravilla del agua. 6. Neutralizando la amenaza de la lluvia ácida. 7. El lago Onondaga: un estudio de caso. 8. Los fuegos de la fisión nuclear. 9. Fuentes de energía alternativa. 10. El mundo de los plásticos y los polímeros. 11. Diseño de fármacos y manipulación de moléculas. 12. Nutrición: alimento para el pensamiento. 13. Ingeniería genética: la química de la herencia.

Cuadro 10. Unidades del *Chemistry in context. Applying Chemistry to Society* (1997, 2^a ed.)



Los proyectos de química en contexto para la educación secundaria

El mismo año de la publicación del *Chemistry in Context. Applying Chemistry to Society* en los EUA, se publicó en Inglaterra el proyecto ***Salters Advanced Chemistry*** (Burton et al., 1994), que había desarrollado el *Science Educational Group* de la universidad de York para el currículum de química del bachillerato inglés (*Advanced Level*, 17-18 años). Los objetivos de este proyecto eran enfatizar la relación de la química con la vida cotidiana, mostrar los métodos que utiliza la química, familiarizar al estudiante con las áreas punteras de la investigación química y dar una idea del trabajo que desarrollan los químicos en diferentes ámbitos de la sociedad.

El material didáctico para el alumnado del *Salters Advanced Chemistry* consistía en dos libros: uno que contenía las narraciones CTS (*Chemical Storylines*) (cuadro 11) y otro que contenía los conceptos (*Chemical Ideas*). Además de estos dos libros se editó una carpeta con actividades de enseñanza y de evaluación. Este proyecto tuvo una gran difusión en Europa (Pilling & Waddington, 2005) y se hicieron adaptaciones en los siguientes países: Bélgica, Rusia, Escocia, Eslovenia, Suecia y España.

1. Elementos de la vida.
2. Desarrollo de combustibles.
3. De los minerales a los elementos.
4. La revolución de los polímeros.
5. La atmósfera.
6. ¿Qué es una medicina?
7. Usando la luz solar.
8. Ingeniería de proteínas.
9. La historia del acero.
10. Aspectos de agricultura.
11. Color por diseño.
12. Los océanos.
13. Medicinas por diseño.

Cuadro 11. Unidades (*Chemical Storylines*) del proyecto *Salters Advanced Chemistry* (1994)

En 1994 hace su aparición en México un libro de química para el bachillerato, ***Química***, (Garritz y Chamizo, 1994) que se propone retomar el carácter descriptivo y fenomenológico de la química, que había sido relegado con el giro conceptual que tomó la educación química en la década anterior. Centrado en tres grandes núcleos conceptuales –la materia, la energía y el cambio–, el libro se caracterizó por plantear una química integrada con el resto de disciplinas científicas, que no hacía distinción entre la química inorgánica y orgánica, y que pretendía situar esta disciplina en el mundo y la sociedad, es decir, una química próxima a la sociedad y a lo cotidiano. Este libro fue revisado y editado en el 2001 con el título de ***Tú y la Química*** (Garritz, Chamizo, 2001). El cuadro 12 muestra sus unidades y algunos de los temas CTS. Tres años después fue traducido al portugués y adaptado en Brasil.

1. La química y nuestro mundo.
2. La diversidad de las formas naturales.
3. La materia: sus estados de agregación.
4. De las moléculas a los átomos.
5. De los átomos a las moléculas.
6. Energía, equilibrio y velocidad de reacción.
7. Ácidos y bases.
8. Reacciones de óxido-reducción.

Temas CTS

Alimentación; comunicación química; energía; materiales; nuestro ambiente, química en casa; química, salud y enfermedad; química detrás de la vida; tecnología e instrumentación; industria química y aspectos históricos de la química.

Cuadro 12. Unidades y temas CTS de *Tú y la Química* (2001)



En España, la década de 1990 fue una etapa muy productiva a nivel curricular gracias a la convocatoria por parte de las Administraciones educativas de concursos para la elaboración de materiales de acuerdo con las directrices pedagógicas de la Reforma de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO), que corresponde a la etapa 12-16. Se puede obtener información sobre los proyectos de ciencias de esta época en la monografía «Materiales curriculares» que el número 1 de la revista *Alambique* (AAVV, 1994) dedicó a la presentación de los proyectos de ciencias elaborados en España en la etapa de experimentación y aplicación de los nuevos currículos. Doce años más tarde, en la misma revista, Caamaño (2006a) hizo un seguimiento de la implementación de estos proyectos.

En 1991 el proyecto americano **CEPUP** (*Chemical Education for Public Understanding Program*, 1990) fue adaptado en España por un grupo de trabajo de la universidad Rovira i Virgili con el título de **Programa APQUA (Aprendizaje de los Productos Químicos, sus Usos y Aplicaciones)**. Las unidades de este proyecto fueron utilizadas en la impartición de asignaturas optativas de la educación secundaria obligatoria (12-16 años) en Cataluña y otras comunidades autónomas. El proyecto todavía sigue vigente. Puede obtenerse más información en la página web del proyecto.

En 1992 el currículum de las materias de ciencias experimentales del nuevo bachillerato LOGSE en España introdujo dos nuevos bloques de contenidos: «Aproximación al trabajo científico» y «Ciencia-tecnología-sociedad». Este cambio motivó la necesidad de disponer proyectos de ciencia en contexto para esta etapa. En 1995 un grupo de profesores de física y química de secundaria de las Comunidades Autónomas de Cataluña, Valencia y Madrid decidieron adaptar el *Salters Advanced Chemistry* (1994) al contexto español. La adaptación se denominó **Química Salters** y fue elaborada durante los años 1995 a 1999 (Grup Salters, 1999; Caamaño et al., 2001). Las trece unidades del proyecto original se convirtieron en ocho unidades en el proyecto experimental español (cuadro 13). Cada una de las unidades constaba de tres partes: Química y Sociedad, Conceptos químicos y Actividades.

Unidades

1. Elementos de la vida.
2. Desarrollo de combustibles.
3. De los minerales a los elementos.
4. La revolución de los polímeros.
5. La atmósfera.
6. Aspectos de agricultura.
7. La química del acero.
8. Los océanos.

Secciones en cada unidad

- **Química y sociedad.** Lectura que constituye el hilo conductor de cada unidad. Proporciona el contexto en el cual se desarrollan las ideas químicas.
- **Conceptos químicos.** Explica los principios químicos esenciales para la comprensión de la lectura.
- **Actividades.** Una gran variedad de actividades experimentales, en gran parte, relacionadas con la sección *Química y Sociedad*.

Cuadro 13. Unidades y secciones del proyecto *Química Salters* (2000)

Los materiales elaborados fueron experimentados en catorce centros de secundaria en Cataluña y en un número similar de centros en las Comunidades de Madrid y de Valencia. La experimentación mostró la gran motivación que este enfoque provocaba en los estudiantes y en el profesorado y también algunas dificultades. Finalizada la fase de experimentación del proyecto en el año 2000, las unidades de la Química Salters se continuaron utilizando durante unos cuantos años más en los centros que habían llevado a cabo la experimentación, pero la imposibilidad de conseguir la publicación



de los materiales por una editorial y la falta de consideración de los contenidos CTS en las pruebas de acceso a la universidad provocaron el progresivo abandono de la programación Salters en estos centros. Sin embargo, la experiencia influyó en el diseño del nuevo currículum de química del bachillerato en Cataluña del 2008 y promovió la elaboración de nuevos materiales.

La química en contexto en la década del 2000

En la década del 2000 se desarrollaron currículos de química en contexto en muchos países. En 2006, la revista *International Journal of Science Education* dedicó un monográfico al tema "Educación química basada en el contexto"; en este monográfico Pilot y Bulte (2006) hicieron un estudio comparativo de cinco proyectos de química en contexto de esta época (*Chemistry in Context* en EUA, *Salters Advanced Chemistry* en el Reino Unido, *Industrial Chemistry* en Israel, *Chemie im Kontext* en Alemania y *Chemistry in Practice* en Holanda), teniendo en cuenta la forma de afrontar los retos curriculares descritos por Gilbert (2006), los principios utilizados para su diseño, los materiales producidos, las condiciones en que fueron desarrollados y los resultados alcanzados.

Los currículos de química de Inglaterra, Portugal, Francia y España fueron analizados por Caamaño (2006b) en un artículo publicado en un número extraordinario de *Educación Química* que recogió las ponencias de las IV Jornadas Internacionales para la enseñanza preuniversitaria y universitaria de la química que tuvieron lugar en Mérida (Méjico). En estas mismas jornadas Onno de Jong (2006) presentó una ponencia sobre las condiciones necesarias para una enseñanza exitosa de la química basada en el contexto.

Una panorámica de los diferentes enfoques de la educación química en Brasil en la década del 2000 puede obtenerse en la monografía *Ensino de Química em Foco*, coordinada por Santos y Maldaner (2010).

En EUA, los nuevos estándares para la enseñanza de la química en la educación secundaria se recogieron en la publicación *Chemistry in the National Science Education Standards: Models for Meaningful Learning in the High School Chemistry Classroom* (Bretz, 2008).

En Inglaterra se desarrolló el proyecto **Science for XXI Century** para la etapa de 14-16 años, elaborado por el *Science Education Group* de la universidad de York y el Centro Curricular Nuffield para Inglaterra y Gales (Burden, 2005). También se hicieron dos revisiones del ***Salters Advanced Chemistry***, una en el 2000 y otra en 2008-2009 (Otter & Stephenson, 2008, 2009). En la edición de 2008 (3^a ed.), el texto de *Chemical Storylines* se dividió en dos volúmenes: uno para el primer curso del bachillerato inglés (AS, *Advanced Subsidiary*) y otro para el segundo curso (A2), para ajustarse al cambio curricular que permitía que los estudiantes de bachillerato pudieran cursar un solo un curso de química. Los resultados de la aplicación del proyecto fueron investigados por Bennet y Lubben (2006) y han sido descritos posteriormente por Otter (2011).

En Portugal en el 2003 se aprobó un nuevo currículum de bachillerato en que se optó por un programa de química orientado hacia una cultura química, con un importante componente de trabajo experimental. Los bloques de los contenidos en los dos últimos cursos se muestran en el cuadro 14. Esta orientación CTS del currículum de química se justificaba por ser una vía prometedora para un enfoque humanista de la ciencia, al plantear que la ciencia escolar debe tomar como objeto de estudio temas de carácter social (Costa et al., 2003).



1. De las estrellas al átomo.
2. La atmósfera de la Tierra. Radiación, materia y estructura.
3. Química e industria: equilibrios y desequilibrios.
4. De la atmósfera al océano: soluciones en la Tierra y para la Tierra.

Cuadro 14. Bloques de contenidos del currículum de química del bachillerato portugués (2003)

En la provincia de Buenos Aires (Argentina) desde el 2006 los nuevos diseños curriculares se basan en la perspectiva Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente y son diseños contextualizados (DeFagoy Ithurralde, 2018).

En Alemania, el proyecto ***Chemie im Kontext***, que se había iniciado en 1997, en el 2002 se empezó a implementar a nivel nacional con la cooperación del IPN de Kiel y las universidades de Oldenburg, Dortmund y Wuppertal y 14 estados participantes. En el 2004 el proyecto se adaptó a los estándares nacionales para las asignaturas de ciencias de la escuela secundaria válidos para los 16 estados, basados en el desarrollo de cuatro áreas de competencias: desarrollo y aplicación de conceptos básicos, métodos de investigación (experimentos y modelos, naturaleza de la ciencia), comunicación en ciencia, y reflexión y juicio crítico. El proyecto tomó como referencia el ***Salters Advanced Chemistry***, no únicamente en la manera de relacionar los contextos y los conceptos, sino también en el hecho de combinar el desarrollo curricular y la elaboración de materiales con la formación del profesorado (Parchmann et al., 2006; Parchman & ChiK team, 2009). Los tres pilares sobre los que se sustenta son el aprendizaje contextualizado, los conceptos básicos de la química y una diversidad de métodos de enseñanza y aprendizaje. Todas las unidades se estructuran en cuatro etapas: 1. Contacto inicial, que busca motivar a los alumnos y activar sus conocimientos previos. 2. Evaluación inicial y de planificación; 3. Desarrollo y presentación de la investigación realizada. 4. Síntesis, profundización, abstracción y transferencia. Algunos de los contextos utilizados en las unidades fueron las bebidas y los alimentos, los productos de limpieza, el alcohol, los combustibles, y los coches y los polímeros.

En Holanda un grupo de elaboradores de currículo de la universidad de Utrecht, coordinados por Astrid M.W. Bulte y Albert Pilot (Bulte et al., 2005, 2006), desarrollaron el proyecto ***Chemistry in Practice***, un conjunto de unidades de química de carácter indagativo basadas en contextos auténticos. Este proyecto buscaba una conexión significativa entre el aprendizaje de la química y los temas de la vida diaria y sociales del estudiante.

En 2003 varios grupos de profesores holandeses trabajaron en el desarrollo de un nuevo currículum bajo el título de ***New Chemistry*** (Apotheke, 2015). Los nuevos materiales fueron experimentados a partir de 2007 en varias escuelas de secundaria. En 2011 el comité del proyecto comunicó los resultados al ministerio de educación, lo que dio lugar a un nuevo programa de química para las escuelas secundarias en setiembre de 2013. El nuevo programa aborda la relación entre el nivel atómico-molecular de las sustancias y los fenómenos macroscópicos, y entre los temas sociales y profesionales de la química y los experimentos y la teoría. Algunos de los contextos utilizados son los productos químicos de limpieza, la combustión, la cosmética, los fertilizantes, la química verde, los materiales, los antibióticos, los edulcorantes artificiales, la química en odontología y los premios Nobel (átomos y tabla periódica).



En España pueden seguirse los cambios curriculares que tuvieron lugar en esta década a través de los monográficos que la revista *Alambique* dedicó en los años 2003, 2007 y 2008 a la reforma del currículum de ciencias de la educación secundaria (Caamaño e Izquierdo, 2003; Furió, Hernández, Solbes y Vilches, 2007; Gutiérrez, Gómez Crespo y Martín-Díaz, 2008). En Cataluña, el nuevo currículo de las materias de Física, Química y Biología del bachillerato incorporó temas de ciencia aplicada y ciencia y sociedad, como influencia de los proyectos *Salters* de Química, Física y Biología que se habían experimentado en la década anterior (Caamaño, A., Corominas, J., Doménech, M., Lope, S., Oro, J., Plana, O., 2008). El currículum de química actual alude a la conveniencia de enseñar una química contextualizada y propone temas CTS como la obtención de sustancias elementales a partir de minerales, los medicamentos, los polímeros, los combustibles fósiles y los problemas de contaminación que producen, el efecto invernadero en la atmósfera, los fertilizantes, la acción de los CFC sobre la capa de ozono, las aplicaciones de los enzimas, la fabricación del acero y las pilas de combustible.

En Brasil existe un programa de evaluación y adquisición de libros didácticos (PNLD) de la Secretaría de Educación Básica que se implementó en 1985, cuyos criterios de evaluación para la educación secundaria fueron establecidos en 2004; la primera evaluación de libros de química tuvo lugar en 2005. García y Petrucci-Rosa (2016) han analizado las diferentes instancias que componen la política del libro didáctico en Brasil: ministerio de educación, comunidad académica, autores, grupos editoriales y escuelas. En el año 2005 el proyecto PEQUIS (*Projeto de Ensino de Química e Sociedade*), que se publicó con el título de **Química e Sociedade**, fue elaborado por un equipo de profesores de secundaria coordinados por dos profesores del Instituto de Química de la universidad de Brasilia (Santos, Mól, 2005; Santos et al., 2009). Revisado el 2010, fue publicado con el título de **Química Cidadã** (Santos y Mól, 2010). Este proyecto se estructura en 10 bloques (cuadro 15), cada uno de los cuales consta de una serie de unidades, que se inician con un tema CTS que da paso al conjunto de conceptos que constituyen el objeto de la unidad y que finalizan con una actividad de recapitulación. Por ejemplo, los temas CTS de las unidades del bloque "La química y nuestras vidas" son: La ingeniería de la vida y la ética, Alimentos, Química de la salud y la belleza, Los plásticos y el ambiente, e Industria química y sociedad. A lo largo de cada unidad se utilizan actividades denominadas: Piense, debata y comprenda, La ciencia en la historia, Acción y ciudadanía, Química en la escuela (experimentos investigativos) y Actitud sostenible.

1. Química, materiales y consumo sostenible.
2. Gases, modelos atómicos y polución atmosférica;
3. Constituyentes, interacciones químicas, propiedades de las sustancias y agricultura.
4. Cálculos químicos y usos de productos químicos.
5. Composición y clasificación de los materiales, solubilidad, propiedades coligativas e hidrosfera.
6. Hidrocarburos, alcoholes, termoquímica, cinética, electroquímica, energía nuclear y recursos energéticos;
7. Sustancias inorgánicas, equilibrio químico y polución de las aguas.
8. La química en nuestras vidas.
9. Metales, pilas y baterías.
10. Átomo, radioactividad y energía nuclear.

Cuadro 15. Bloques de contenido del proyecto brasileño **Química Cidadã** (2010)

Otro proyecto de química para la educación secundaria de gran difusión en Brasil ha sido **Química para o ensino médio** (Mortimer y Machado, 2003, 2011). El énfasis en este



proyecto se coloca en el aprendizaje conceptual, la naturaleza de la química, el papel de los experimentos, y la perspectiva constructivista y dialógica del aprendizaje en el aula. La estructura del proyecto gira en torno a las propiedades, la constitución y las transformaciones de los materiales y de las sustancias. Los contextos se centran en las implicaciones sociales relacionadas con la producción y uso de los materiales. Se busca un equilibrio entre los enfoques conceptuales y contextuales de las unidades, de manera que unas son más conceptuales y otras más contextuales. Por otro lado, se concede una importancia fundamental a la interacción entre el lenguaje común y al lenguaje científico, y al trabajo en grupo de los estudiantes. El proyecto consta de 20 unidades (cuadro 16), distribuidas en tres volúmenes. Las actividades se clasifican en cuestiones preliminares, proyectos, ejercicios, cuestiones y sugerencias de páginas de internet.

Química 1: 1. ¿Qué es la química? 2. Introducción al estudio de las propiedades de los materiales. 3. Materiales: separación y purificación. 4. Aprendiendo sobre los residuos urbanos. 5. Un modelo para los estados físicos de los materiales. 6. Modelos para el átomo e introducción a la tabla periódica. 7. Introducción a las transformaciones químicas. 8. Cantidad en las transformaciones químicas. 9. Enlaces químicos, interacciones intermoleculares y propiedades de los materiales.

Química 2: 1. Soluciones y solubilidad. 2. Termoquímica. 3. Cinética química: controlando la velocidad de las reacciones químicas. 4. Una introducción al equilibrio químico. 5. Movimiento de electrones: una introducción a la electroquímica. 6. Propiedades coligativas.

Química 3: 1. La química de las drogas y medicamentos y las funciones orgánicas. 2. Alimentos y nutrición: química para cuidar la salud. 3. Agua en los ambientes urbanos: química para cuidar el planeta. 4. Efecto invernadero y cambios climáticos: química para cuidar el planeta. 5. Plástico, papel, vidrio y aluminio: la química de los materiales reciclables.

Cuadro 16. Unidades del proyecto brasileño *Química. Ensino Médio* (2011)

El proyecto **EANCYT (Enseñanza y Aprendizaje sobre la naturaleza de la ciencia y la tecnología)** ha elaborado una serie de secuencias de enseñanza-aprendizaje que dan una gran importancia a la comprensión de la naturaleza de la ciencia en relación a contextos de ciencia-tecnología-sociedad e históricos (Vázquez y Manassero, 2012). Su estructuración se basa en un ciclo de aprendizaje de 7 E: *elicit* (obtener información sobre conocimientos previos), *engage* (involucrar, motivar), explorar, explicar, elaborar, extender y evaluar. En el proyecto han participado profesores de siete países iberoamericanos, incluyendo España y Portugal. El cuadro 17 muestra algunos de las secuencias relacionadas con contextos de química.

¿Existe dependencia entre la ciencia y la tecnología? La ciencia en la vida cotidiana. Indagación: el caso del enlace químico. La extracción de los metales. Parejas científicas. ¿Cómo trabajan los científicos? ¿Oxígeno o flogisto? ¿Qué es el agua? ¡El Premio Nobel para...! La interesante teoría del oxígeno. Definir, una forma de modelar: el caso de sustancia. Definir, una forma de modelar: el caso de reacción química. Disputas de farmacéuticos.

Cuadro 17. Secuencias de enseñanza-aprendizaje de química del proyecto EANCYT (2010-)



La química en contexto en la década del 2010

En la década del 2010 se han continuado aplicando y reelaborando los proyectos de química en contexto iniciados en la década anterior y se han iniciado de nuevos. El enfoque de la ciencia en contexto y, en particular, de la química en contexto, ha seguido guiando la elaboración de materiales curriculares, trabajos de investigación y cursos de formación del profesorado. Aspectos como la selección de los contextos más adecuados y de los conceptos más importantes, la relación entre los contenidos conceptuales, procedimentales y contextuales, la forma de concebir y utilizar los contextos, la integración de los procesos de contextualización, modelización e indagación y la eficacia de los enfoques contextualizados son algunas de las cuestiones que se han investigado y debatido.

La mayoría de proyectos de química actuales contemplan el contexto como una dimensión a tener en cuenta. Junto a la importancia dada a la contextualización también se advierte un gran interés por la educación por la sostenibilidad (Eilks, Rauch, 2012; Vilches & Gil, 2013, 2014) y por los enfoques basados en la modelización, la argumentación y la indagación (Izquierdo, Caamaño, Quintanilla, 2007; Caamaño, 2011, 2014b, 2015; Eilks, Rauch, Ralle & Hofstein, 2013; Marchán-Carvajal y Sanmartí, 2014, 2015; Apotheker, 2015).

En EUA la publicación de los *Next Generation Science Standards* han constituido una guía esencial para la mejora de la educación científica en los niveles primario y secundario. Talanquer y Sevian (2014) han analizado este documento y el *Framework for K-12 Science Education* desde la perspectiva de la educación química, y han llegado a la conclusión que los nuevos estándares no reflejan adecuadamente el equilibrio que debe existir entre los modelos generales sobre la estructura de la materia y el conocimiento específico sobre las propiedades de las clases de sustancias y procesos químicos.

El proyecto ***Chemistry in the Community*** se encuentra en la sexta edición. Las unidades y los contextos utilizados se muestran en el cuadro 18. Se utilizan cuatro tipos de actividades: Tomar decisiones, Desarrollar habilidades, Investigar la materia, y Modelizar la materia.

0. Química en la comunidad. 1. Materiales: formulando la materia. 2. Aire: diseñando investigaciones científicas (propiedades de los gases, interacciones de materia y energía en atmósferas, impacto humano en la calidad del aire). 3. Petróleo: rompiendo y formando enlaces. 4. Agua: explorando soluciones (fuentes, usos y propiedades, contaminantes, reacciones en solución, purificación y tratamiento). 5. Industria: aplicando reacciones químicas. 6. Átomos: interacciones nucleares (la naturaleza de los átomos, radiación nuclear, usando la radioactividad, energía nuclear). 7. Alimentos: materia y energía para la vida.

Cuadro 18. Unidades de *Chemistry in the Community* (2012, 6^a ed.)

El proyecto ***Chemistry in context. Applying Chemistry to Society*** se encuentra en la novena edición (ACS, 2018). El cuadro 19 muestra las unidades del proyecto actual y los contextos utilizados.



1. Electrónica portable: la tabla periódica en la palma de nuestra mano.
2. El aire que respiramos.
3. Radiación del Sol.
4. Cambio climático.
5. Energía de combustión.
6. Energía de fuentes alternativas.
7. Almacenaje de energía.
8. Agua por todas partes. El recurso máspreciado.
9. El mundo de los polímeros y de los plásticos.
10. Fabricación de cerveza.
11. Nutrición.
12. Salud y Medicina.
13. Genes y vida.
14. ¿Quién mató al Dr. Thomson? Un misterio forense.

Cuadro 19. Unidades del *Chemistry in context. Applying Chemistry to Society* (2018).

El proyecto ***Chemistry, Life, the Universe and Everything*** (CLUE) (Cooper y Klymkowsky, 2013) se centra en cuatro ideas básicas para organizar el currículum de química: estructura y propiedades, enlace e interacciones, energía, y cambio y estabilidad. Este proyecto hace énfasis en los razonamientos causales con el objetivo de ayudar a los alumnos a comprender cómo y por qué ocurren los fenómenos químicos. Los materiales han sido experimentados durante cinco años con estudiantes de química general de la universidad del estado de Michigan (EUA) y se han realizado investigaciones sobre el efecto que produce este enfoque en el aprendizaje de los estudiantes, en áreas como la comprensión de las estructuras de Lewis y de las fuerzas intermoleculares. Los resultados de estas investigaciones se han usado para mejorar el currículum y los materiales CLUE.

El proyecto ***Salters' Advanced Chemistry*** en su cuarta edición (Otter et al., 2015) ha integrado las lecturas o narraciones químicas y los conceptos en cada unidad. Esta decisión implica abandonar una característica que diferenciaba este proyecto de los proyectos *Salters* de Física y de Biología, que consistía en situar en volúmenes separados las narraciones y los conceptos. El cambio es una buena decisión para lograr una mejor integración de ambos contenidos. Por otro lado, se ha reducido el número de unidades a 10 (cuadro 20) y se han simplificado las lecturas, disminuyendo su extensión y complejidad.

Primer curso: 1. Elementos de la vida. 2. Desarrollando combustibles. 3. Elementos del mar. 4. La historia del ozono. 5. Qué es una medicina.

Segundo curso: 6. La industria química. 7. Polímeros y vida. 8. Océanos. 9. Desarrollando metales .10. Color por diseño.

Cuadro 20. Unidades del *Salters' Advanced Chemistry for OCR* (2015, 4^a ed.)

Irlanda se ha coordinado el proyecto europeo ***ESTABLISH (European Science and Technology in Action Building Links with Industry, Schools and Home)***, que consiste en una serie de unidades basadas en la indagación y fundamentadas en la industria que se ofrecen a los profesores para que desarrollem sus propios enfoques en el aula en la etapa 12-18 (Finlayson y Brady, 2013). Las unidades siguen un ciclo de aprendizaje en cinco fases (*5 E model: Engage, Explore, Explain, Extend, Evaluate*). El cuadro 21 muestra algunas de las unidades desarrolladas sobre contextos químicos.

Explorando agujeros. Cosméticos. Fotoquímica. Energía renovable. Cuidados químicos. Fotosíntesis. Polímeros en nuestro entorno. Ciencia forense. Instrumentos médicos de visionado.

Cuadro 21. Unidades del proyecto ESTABLISH (2010-)



En Holanda, el proyecto **New Chemistry** se ha seguido desarrollando (Jong, 2015). Los profesores diseñan y experimentan módulos de química en contexto en un formato específico, que después se publican en línea. Los módulos se estructuran en varias fases siguiendo la secuencia: 1. Introducción del contexto. 2. Selección de las cuestiones específicas. 3. Desarrollo de nuevo conocimiento. 4. Abstracción y transferencia de conocimiento. Cerca de sesenta módulos han sido publicados en holandés. Cada módulo consiste en un libro del estudiante, una guía para el profesorado y, a menudo, un libro de recursos. Ejemplos de estos módulos son: "Energía para llevar" (reacciones redox, células electroquímicas), "Perfume" (ésteres, alquenos, alcoholes), "El premio Nobel y el átomo" (estructura atómica, tabla periódica).

En Alemania, en el departamento de didáctica de la química de la universidad de Kassel se está desarrollando un proyecto de investigación que pretende evaluar los cambios que se producen en alumnos y docentes al utilizar la metodología del proyecto **Chemie im Kontext (ChiK)**. Una parte de la investigación se está llevando a cabo con un grupo de profesores de secundaria de la comunidad de Madrid (Di Fuccia y Sánchez Díaz, 2015, 2016); para ello se han traducido al español algunas unidades del proyecto. También existe un proyecto de cooperación entre la universidad de Buenos Aires y la universidad de Kassel para evaluar la metodología de ChiK en escuelas secundarias de Argentina. Para ello se ha elaborado un material propio basado en la unidad ChiK dedicada al petróleo (Pergola y Galawosky, 2014; Pergola et al., 2015).

En Brasil en 2013 y 2016 se han publicado nuevas versiones de **Química Ciudadã** (Santos y Mól, 2013, 2016) que mantienen el énfasis en una educación química ciudadana a la vez que aportan un mayor número de recursos en la red. Las características y materiales del nuevo proyecto pueden consultarse en la página web de la editora AJS. También se ha publicado una nueva edición de **Química. Ensino médio** (Mortimer y Horta, 2013), que puede ser consultada en línea. Los manuales del profesorado de estos proyectos presentan la filosofía de los proyectos y una gran cantidad de recomendaciones didácticas. Otros tres proyectos que fueron seleccionados en el período 2012-14 son: *Química na abordagem do cotidiano*, de Francisco Miragaia y Eduardo Leite (Editora Moderna, 2010), *Ser protagonista*, de Julio Cezar Foschini (Editora Santa María, 2010), *Química, meio ambiente, cidadania e tecnologia*, de Martha Reis Marques (Editora FTD, 2011).

En Colombia, Piñeros y Parga (2014) han realizado una investigación para caracterizar los contenidos curriculares contextualizados que serían más adecuados para la enseñanza de la química en la educación básica y media.

En Uruguay, Meroni, Copello y Paredes (2015) han realizado un estudio etnográfico sobre profesores de química uruguayos que utilizan una metodología indagativa, incorporan materiales de uso cotidiano en las prácticas de laboratorio e introducen y analizan las repercusiones ambientales y sociales de la química. Los autores proponen nuevos estudios que permitan precisar la extensión con que se llevan a cabo estas prácticas en la educación secundaria en Uruguay.

En México, Zenteno-Mendoza y Garritz (2010) han diseñado secuencias dialógicas sobre los temas de Polímeros y Contaminación de los metales, para el programa de estudios de Química I a Química IV del Colegio de Ciencias y Humanidades de la Universidad Nacional Autónoma de México, que incluyen los siguientes temas en contexto: el agua, el oxígeno (componente activo del aire), el suelo, los alimentos, los medicamentos, la industria química en México, la industria minero-metalúrgica, fertilizantes, las industrias



del petróleo y el mundo de los polímeros. Campillo y Chamizo (2016) han realizado un análisis curricular de la enseñanza de la química en el nivel de bachillerato, teniendo en cuenta los cinco programas específicos de química general del nivel medio superior que existen en México. Para llevar a cabo este análisis consideran cinco grandes ejes: la naturaleza de la ciencia, el contexto, los trabajos prácticos, la evaluación y la estructura sustantiva. El análisis de los contextos se ha realizado teniendo en cuenta tres tipos de contextualización: 1. El contexto como aplicación directa de los conceptos; 2. El contexto como reciprocidad entre conceptos y aplicaciones. 3. El contexto como las circunstancias sociales.

En esta última década, en México en el marco de las directrices curriculares de la Secretaría de Educación Pública se han publicado libros de texto para la enseñanza secundaria y el bachillerato que comparten un enfoque contextualizado e indagativo muy novedoso. Presentamos tres de ellos.

- **Química Ciencias 3** (Talanquer e Iraoque, 2008). Es un libro de texto para el último año de la educación secundaria, que aborda el estudio de las propiedades y transformaciones químicas de la materia para entender los problemas con que el mundo actual se enfrenta en áreas como la creación de nuevos materiales, el control de la contaminación ambiental, el desarrollo de recursos energéticos alternativos y el diseño de nuevos medicamentos. El proyecto consta de cinco unidades (cuadro 22) y hace uso de una gran variedad de actividades –Decide, Explora, Modela, Analiza, Explica, Predice– y secciones: En foco (funcionamiento de algunas técnicas y aparatos científicos), Te invito a leer, Laboratorio experimental, Taller de habilidades, Nuestro pasado científico, Así se construye la ciencia, Hecho en México, Proyectos (Ahora tú explora, experimenta y actúa), Ponte a prueba, Conexión tecnológica, Mapa conceptual, Dossier (artículo de divulgación escrito por un científico).

Unidades

1. Las características de los materiales. 2. La diversidad de las propiedades de los materiales y su clasificación química. 3. La transformación de los materiales: la reacción química. 4. La formación de los nuevos materiales. 5. Química y tecnología.

Algunos temas CTS

El impacto futuro de la química en nuestras vidas, Los primeros elementos, La química y la alimentación, Transporte urbano y cambio climático, El ozono.

Cuadro 22. Unidades y temas CTS de *Química Ciencias 3*, ed. Castillo (2008)

- **Conocimientos fundamentales de química** (Castillejos y Greaves, 2006). Es un libro de texto para el bachillerato elaborado por un equipo de profesores de la Universidad Nacional Autónoma de México, que forma parte de la Colección Conocimientos Fundamentales para la enseñanza media superior. Pretende proporcionar a los estudiantes una cultura general interdisciplinaria mediante el replanteamiento de los contenidos temáticos de las disciplinas. La obra consta de dos volúmenes y se organiza en cinco módulos (cuadro 23). Todos los módulos se inician con un mito ("algo que la mayoría de la gente cree sin apoyarse en conocimientos científicos") y finaliza con una reflexión sobre la destrucción del mito en base a los conocimientos aprendidos en la unidad. El proyecto hace uso de una gran variedad de actividades y de un lenguaje que combina los registros coloquial y científico, y busca la proximidad de la química con la cultura y la vida cotidiana mexicana.



Unidades: Para empezar: ¿Cómo es la ciencia? 1. El mundo macroscópico de las observaciones. 2. El mundo microscópico de la materia. 3. El lenguaje, nivel simbólico de la química. 4. Los enlaces. 6. Reacción química y energía.

Algunos contextos: La revolución química de Lavoisier, mitos afrodisiacos, el chocolate, el alcohol, los perfumes, los CFC, el ozono: ¿bueno o malo?, el lenguaje, la energía en México y en el mundo, el efecto invernadero y el cambio climático.

- **Química 1 y 2. Enfoque por competencias** (Trejo y Estrada, 2010). Es un libro de texto para el bachillerato con un enfoque por competencias que estructura las unidades a través de cuatro secciones: "Mis saberes y experiencias" (conocimientos previos, habilidades, actitudes y valores), "¡A pensar se ha dicho!" (nuevos significados a través de un enfoque experimental), "Tú decides, tú expresas" (transferencia de lo aprendido), "Ahora lo sé" (evaluación de los saberes adquiridos). El cuadro 24 muestra las unidades del proyecto.

1. La química como una herramienta para la vida.
2. La interrelación de la materia y la energía.
3. El modelo atómico actual y sus aplicaciones.
4. La tabla periódica.
5. Enlaces químicos e interacciones moleculares.
6. Nomenclatura química inorgánica.
7. Reacciones químicas.
8. Los procesos asociados con el calor y la velocidad de las reacciones químicas.
9. La noción de mol en la cuantificación de procesos químicos.
10. La contaminación del aire, del agua y del suelo.
11. La utilidad de los sistemas dispersos.
12. La importancia de los compuestos del carbono en el entorno.
13. La importancia de las macromoléculas naturales y sintéticas.

Cuadro 23. Unidades de *Conocimientos fundamentales de química*, UNAM, Pearson (2006)

También es destacable el libro **Química. Una ciencia para el siglo XXI**, de Gisela Hernández, Norma Mónica López y Gabriela Pedrero (Hernández, López y Pedrero, 2015), que aborda temas CTS como el análisis y síntesis de sustancias utilizadas en la fabricación de medicamentos, nuevos materiales, pinturas, agroquímicos, aditivos alimentarios y combustibles. Los cinco bloques del proyecto se muestran en el cuadro 25.

1. Las características de los materiales.
2. Las propiedades de los materiales y su clasificación química.
3. La transformación de los materiales: la reacción química.
4. La formación de nuevos materiales.
5. Química y tecnología.

Cuadro 24. Unidades de *Química 1 y 2. Enfoque por competencias*, ed. Castillo (2010)

Cuadro 25. Bloques de *Química. Una ciencia para el siglo XXI*

En España se han llevado a cabo varios proyectos que contemplan la química en contexto. Un grupo de profesores de la universidad de Málaga ha elaborado unidades didácticas de ciencias para la educación secundaria obligatoria en contextos relacionados con la salud que contemplan aspectos químicos (Blanco, Franco-Mariscal y España, 2015). En la Universidad Autónoma de Barcelona, en colaboración con el CESIRE, se ha elaborado el proyecto **Competencias de pensamiento científico ESO 12-15**, que tiene la enseñanza en contexto como uno de sus principios didácticos (Aliberas, Izquierdo, Guitart, 2015). Los textos **Física i Química 2 ESO** (2016), **Física i Química 3 ESO** (2015) y **Física i Química 4 ESO** (2016) (Caamaño, Obach y Pérez-Rendón, 2015, 2016), estructuran los contenidos y las actividades siguiendo la filosofía de la *Química Faraday*, pero ajustándose al currículum actual en Cataluña. Las unidades se muestran en el cuadro 26.



2 ESO (14 años): Materia: masa y volumen. Sustancias. El modelo corpuscular de la materia. Mezclas, disoluciones y dispersiones. Separación de sustancias. Cambios químicos. Sustancias elementales y compuestos. La materia por dentro. La composición del aire y las reacciones de oxidación. Ácidos bases y sales. Materiales.

3 ESO (15 años): Materiales: sustancias y mezclas. Partículas en movimiento. Átomos, moléculas e iones. El interior del átomo y el enlace químico. Reacciones químicas. Sustancias y materiales de la vida cotidiana.

4 ESO (16 años) (materia optativa): Átomos, moléculas e iones. Tabla periódica y estructura atómica. Enlace, estructura y propiedades. Reacciones químicas. Química de los compuestos de carbono.

Cuadro 26. Unidades de química de *Física i Química 2 ESO, 3 ESO, 4 ESO*, ed. Teide (2015-2016)

El proyecto experimental *Química Salters. Batxillerat* elaborado en el 2000 ha dado lugar al proyecto **Química en contexto**, cuyos materiales en catalán se están utilizando actualmente en un buen número de centros de Cataluña (Guitart, Corominas, Caamaño et al., 2012). **Molècula. Química Batxillerat 1 y Reacció. Química Batxillerat 2** son libros de texto de química para el bachillerato de estructura conceptual, pero que incorporan los contextos que establece el actual currículum en Cataluña (Caamaño y Obach, 2017, 2018).

En el ámbito de los debates e intercambio de experiencias sobre química en contexto, cabe citar el Seminario sobre Perspectivas sobre el contexto en la educación científica que se celebró el 2013 en la Universidad Autónoma de Barcelona (Espinet, 2013), y diversos monográficos publicados en las revistas *Alambique* y *Educación Química EduQ*: "Indagar y modelizar en contextos" (Caamaño, 2014b), "Química en contexto" (Sanmartí, 2015), "Indagar sobre las reacciones químicas en contextos cotidianos" (Caamaño, 2017).

Consideraciones finales

A lo largo del recorrido que hemos efectuado hemos tenido la oportunidad de apreciar la aparición y evolución de diversos proyectos de química en contexto desde los años 80 hasta la actualidad en diferentes países, en el marco de diferentes reformas curriculares. Algunos proyectos se han mantenido y han sido revisados y reelaborados de forma continuada. El cuadro 27 resume los principales proyectos que hemos descrito.



Año o período	Título del proyecto	País o países	Nivel educativo				
1966	CBA. Sistemas químicos	EUA	17-18	1997-	<i>Chemie im Kontext</i>	Alemania	12-18
1972	CHEM Study. Química. Una ciencia experimental	EUA	17-18	1999-	Química para el nuevo milenio (<i>Chemistry for Changing Times</i> , 2 ^a ed.)	EUA	19-20
1973	Química. Fundamentos Experimentales			2003	<i>The Ordinary Chemistry of Ordinary Things</i>	EUA	19-20
1977	Química. Experimentos y teorías			2003	Nuevo currículum de química en contexto en el bachillerato portugués	Portugal	15-18
1972	<i>Chemistry for Changing Times</i>	EUA	19-20	2003 2011-2017-	<i>Química para o Ensino Médio</i> (ed. Scipione) <i>Química. Ensino Médio</i>	Brasil	15-17
1970-73	Curso Básico de Química Nuffield	Inglaterra y Gales	11-15	2005	<i>Chemistry in Practice</i>	Holanda	15-18
1973	IPS. Curso de Introducción a las Ciencias Físicas	EUA	16	2005 2010 2015-	<i>PEQUIS. Química e Sociedade Química Cidadã</i>	Brasil	15-17
1975, 78	Química Elemental Básica 1 y 2	Reino Unido	14-16	2006-	Conocimientos fundamentales de Química (UNAM)	México	17-18
1976-1988	Química Faraday	España	15-17	2007-	<i>New Chemistry</i>	Holanda	15-18
1988-1998	<i>Chemistry in the Community</i> QuimCom. Química en la comunidad	EUA	16-18	2008	Química. Ciencias 3 (ed. Castillo)	México	16
1986	SATIS	Reino Unido	12-16	2010-	Química 1 y 2. Enfoque por competencias (Fernández eds.)	México	17-18
1989 1991	<i>Chemistry Salters Project</i> <i>Salters Science Project</i>	Inglaterra y Gales	13-15	2010	EANCYT (Enseñanza y aprendizaje sobre la naturaleza de la ciencia y la tecnología)	España, Portugal, Iberoamérica	12-16
1989	<i>Nuffield Co-ordinated Sciences</i>	Inglaterra y Gales	14-16	2010	ESTABLISH (<i>Links with Industry, Schools and Home</i>)	Europa	12-18
1990 1991-	CEPUP Programa APQUA	EUA España	12-16	2010	<i>Química en context</i>	Cataluña (España)	17-18
1994-	<i>Chemistry in Context. Applying Chemistry to Society</i>	EUA	19-20	2013-	CLUE (<i>Chemistry, Life, the Universe and Everything</i>)	EUA	19-20
1994-	<i>Salters Advanced Chemistry</i>	Inglaterra y Gales	17-18	2014-	Química. Una ciencia para el siglo XXI	México	16
1995-2000	Química Salters	España	17-18				
1994-2001	Química Tú y la química	México	16-18				



2014-	<i>Competències de pensament científico 12-15</i>	Cataluña (España)	12-15
2015-2016	<i>Física i Química 2 ESO, 3 ESO y 4 ESO (ed. Teide)</i>	Cataluña (España)	14-16
2017-2018	<i>Molècula. Química Batxillerat 1 y Reacció. Química Batxillerat 2</i>	Cataluña (España)	17-18

Cuadro 27. Principales proyectos de química en contexto presentados en este artículo.

Hemos presentado proyectos de química muy diversos, desde aquellos cuya elaboración ha implicado un proceso de diseño conjunto entre los coordinadores del proyecto y el profesorado participante, y un proceso de experimentación y de revisión de los materiales en función de los resultados obtenidos (como, por ejemplo, los proyectos *Chemie in Kontext* y *New Chemistry*), a otros cuyo proceso se ha centrado fundamentalmente en la elaboración de unos materiales (libro de texto y guía didáctica). Pero, las diferencias son a veces menores de lo que podemos pensar, porque, de hecho, muchos libros de texto y guías didácticas han sido elaborados con la participación de un grupo amplio de autores que han experimentado en sus clases las actividades y enfoques que proponen. Otras veces la autoría ha correspondido a un número más reducido de autores, pero con experiencia en tareas de investigación e innovación en la enseñanza de la química. Muchos proyectos, aunque no hayan tenido una experimentación o evaluación sistemática, han podido ser revisados y mejorados en múltiples reediciones, teniendo en cuenta las valoraciones de los profesores que los han utilizado.

De cualquier modo, es lógico diferenciar aquellos proyectos cuyo objetivo principal ha sido la elaboración de unos materiales determinados (manual del estudiante y manual del profesor) de aquellos cuyo objetivo ha sido promover la elaboración de secuencias didácticas por parte del profesorado, que luego pueden ser compartidas en la red y adaptadas a la realidad de cada centro. En una posición intermedia nos encontramos con proyectos muy amplios e innovadores en su elaboración inicial, pero que acaban cristalizando en unos materiales que compiten en el mercado con otros libros de texto. En este sentido, no deja de ser significativo apreciar como un proyecto como el *Salter's Advanced Chemistry* ha acabado produciendo manuales con una presentación no muy diferente a la de otros libros de texto de química con enfoque en contexto. Una convergencia que puede explicarse por ser materiales que han de ajustarse a sistemas de evaluación externos con criterios muy específicos.

A pesar de la variedad de enfoques de los proyectos revisados y de la diversidad de sistemas educativos en los cuales se incardinan, pueden destacarse algunas tendencias generales en los currículos actuales y proyectos de química:

- Se observa una estructuración del currículo de química centrado en un conjunto más reducido de ideas esenciales y una explicitación de los contextos más significativos a través de los cuáles desarrollar el currículo. Los contextos relacionados con el medio ambiente, los materiales, la tecnología, la energía, la alimentación, la salud, el transporte, los medicamentos, la cosmética, los productos de limpieza, etc. se



mantienen como contextos esenciales. Los contextos históricos también están presentes, pero en menor proporción.

- En muchos proyectos se concede a los contextos el papel de contenido estructurante, de manera que las actividades contextualizadas dejan de ser una mera ilustración o aplicación de los conceptos, para pasar a ser el eje a través de los cuales se desarrollan los aprendizajes. Dicho de otro modo, los contextos dejan de ser simples elementos de orientación y motivación y se convierten en contenidos curriculares de pleno derecho. En los libros de texto más recientes, se observa un mayor esfuerzo de integración de los contenidos conceptuales y contextuales. En general, se tiende a utilizar lecturas CTS o ensayos más cortos y mejor integrados con los conceptos.
- Las actividades ocupan un lugar central en el desarrollo de las unidades o secuencias de enseñanza-aprendizaje. Se constata la utilización de una mayor variedad de actividades: actividades de exploración, de indagación y de modelización, simulaciones, actividades de transferencia de los conocimientos a nuevos contextos, de comunicación y argumentación, debates sobre temas sociocientíficos, proyectos, actividades de recapitulación y de autoevaluación, etc. Estas actividades se acostumbran a clasificar mediante denominaciones que orientan sobre su objetivo (piensa, debate, experimenta, modeliza, etc.).
- Los proyectos que se basan en el diseño e implementación de secuencias de enseñanza-aprendizaje estructuran las actividades a través de etapas o fases de aprendizaje. Muchos proyectos aúnan el enfoque en contexto con enfoques basados en la indagación y la modelización, sin olvidar la reflexión sobre la naturaleza de la química.

Bibliografía

- AAVV (1994). Proyectos curriculares. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 1.
- ACS (2018). *Chemistry in context. Applying Chemistry to Society*, 9^a ed., McGraw Hill.
- Aliberas, Joan; Izquierdo, Mercè; Guitart, Fina (2015). El context per aprendre química en el projecte Competències de pensament científic ESO 12-15. *Educació Química EduQ*, 20, 32-39.
- American Chemical Society (1993). *QuimCom. Química en la comunidad*, 2^a ed., México: Addison Wesley Longman de México. Primera edición: ACS [1988], *ChemCom: Chemistry in the community*, Dubuque, IA: Kendall-Hunt. (2016) 6^a ed.
- Apotheker, Jan (2015). "Chemistry in Context", en I. Maciejowska y B. Byers (eds.), *A Guidebook of Good Practice for the Pre-Service Training for Chemistry Teachers*, Cracovia: Universidad de Cracovia, cap.10. Se puede acceder en línea: <http://www.ec2e2n.net/publication/msct2>
- ASE (1984). *Rethinking Science? Teaching science in a social context*. Association for Science Education.
- Bennett, Judith y Lubben, Fred (2006). Context-based Chemistry: The Salters approach. *International Journal of Science Education*, 28, 9, 999-1015.
- Blanco, Ángel; Franco-Mariscal, Antonio Joaquín; España, Enrique (2015). Enseñar química en el contexto de problemas y situaciones de la vida diaria relacionados con la salud. *Educació Química EduQ*, 20, 40-47.
- Bretz, S. L., (ed.) (2008). *Chemistry in the National Science Education Standards: Models*



- for Meaningful Learning in the High School Chemistry Classroom, 2^a ed., Education Division, American Chemical Society: Washington, DC.*
- Bulte, A. M. W.; Klaassen, K.; Westbroek, H. B.; Stolk, M.J.; Prins, G. T.; Genseberger, R. J. et al. (2005). Modules for a new chemistry curriculum, research on a meaningful relation between contexts and concepts. En P. Nentwig & D. Waddington (eds.), *Making it relevant. Context based learning of science* (pp. 273-299). Münster, Germany: Waxmann.
- Bulte, Astrid M. W.; Westbroek, Hanna B.; de Jong, Onno; Pilot, Albert (2006). A Research Approach to Designing Chemistry Education using Authentic Practices as Contexts. *International Journal of Science Education*, 28, 9,1063-1086.
- Burden, Jenifer (2005). Ciencia para el siglo XXI: un nuevo proyecto de ciencias para la educación secundaria en el Reino Unido. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 46, 68-79.
- Burton, W.G., Holman, J.S., Pilling, G. M., Waddington, D. J. (1994). *Advanced Chemistry Salters: Chemical Storylines, Chemical Ideas, Activities and Assessment Pack, Teacher's Guide*. Oxford: Heinemann.
- Caamaño, Aureli (1988). Tendencias actuales en el currículo de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6, 3, 265-277.
- Caamaño, Aureli (2001). La enseñanza de la química en el inicio del nuevo siglo: una perspectiva desde España. *Educación Química*, 12, 1, 8-20.
- Caamaño, Aureli (2006a). Proyectos de ciencias: entre la necesidad y el olvido. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 48, pp.10-24.
- Caamaño, Aureli (2006b). 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, E, 195-208.
- Caamaño, Aureli (2011). Enseñar química mediante la contextualización, la indagación y la modelización. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 69, 21-34
- Caamaño, Aureli (2014a). La estructura conceptual de la química: realidad, conceptos y representaciones simbólicas, *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 78, 7-20.
- Caamaño, Aureli (coord.) (2014b). Indagar y modelizar en contexto. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 78.
- Caamaño, Aureli (2015). Del CBA i el CHEM a la química en context: un recorregut pels projectes de química des dels anys setanta fins a l'actualitat. *Educació Química EduQ*, 20, 13-24.
- Caamaño, Aureli (coord.) (2017). Indagar sobre las reacciones químicas en contextos cotidianos, presentación de la monografía Reacción química, *Alambique*, 90.
- Caamaño, A., Corominas, J., Doménech, M., Lope, S., Oro, J., Plana, O. (2008). Los nuevos currículos de física, química y biología en el Bachillerato de Cataluña. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 56, 51-70.
- Caamaño, A., Gómez Crespo, M.A., Gutiérrez Julián, M.J., Llopis, R., Martín-Díaz, M.J. (2001). Proyecto Salters: un enfoque CTS para la química del bachillerato, en P. Membela (ed.): *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva de la ciencia-tecnología-sociedad*, p.179. Madrid: Narcea.
- Caamaño, Aureli, Izquierdo, Mercè. (2003). El currículo de química en el bachillerato: todavía muy lejos de una química contextualizada, *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 36, 60-67.
- Caamaño, Aureli y Obach, Damià (2017-2018). *Molècula. Química Batxillerat 1 y Reacció. Química Batxillerat 2*. Barcelona: Teide. Versiones anteriores: *Química 1 Batxillerat*



- (1998) y *Química 2 Batxillerat* (1999), *Química 1 Batxillerat* (2006) y *Química 2 Batxillerat* (2007), *Química Oxigen 1* (2009) y *Química Oxigen 2* (2010), Barcelona: Teide.
- Caamaño, A., Obach, D., Pérez-Rendón, E. (2015-2016). *Física i Química 2 ESO, Física i Química 3 ESO, Física i Química 4 ESO*, Barcelona: Teide.
- Cane, B., Sellwood, J. (1975). *Química Elemental Básica 1. La sustancia y sus cambios*, Barcelona: Reverté.
- Cane, B., Sellwood, J. (1978). *Química Elemental Básica 2. Elementos y compuestos*, Barcelona: Reverté.
- Castillejos, Adela y Greaves, Nahueli (coords.) (2006). *Conocimientos Fundamentales de Química*, 2 vol., Pearson Educación de México.
- CBA (1966). *Sistemas Químicos*, 2 vol., Barcelona: Reverté.
- Chamizo, José Antonio (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias, *Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7, 26-41.
- Chamizo, José Antonio (2011). A New Definition of Models and Modelling in Chemistry's Teaching, *Science & Education*, 22, 1613-1632.
- Cooper, Melanie y Klymkowsky, Michael (2013). Chemistry, Life, the Universe, and Everything: A New Approach to General Chemistry, and a Model for Curriculum Reform. *Journal of Chemical Education*, 90, pp. 1116-1122.
- Cortés-Galera, Yolanda; Montoro-Medina, Ana Belén; Jiménez-Liso, María Rut; Gil-Cuadra, Francisco (2016). Perfiles de profesores de secundaria en formación inicial con relación a la química cotidiana. *Educación Química*, 27, 2, 143-153.
- Costa, A.; Magalhães, M.C.; Martins, I.P.; Lopes, J.M.; Simões, M.O.; Sobrinho, T. (2003). La química en la educación secundaria en Portugal: una perspectiva de cultura científica. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 36, pp. 68-75.
- Defago, Alejandra E. e Ithurralde, Raúl Esteban (2018). El Diseño Curricular de Química del Ciclo Superior de la Educación Secundaria en la provincia de Buenos Aires (Argentina): una posible lectura para las aulas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15, 1, 1203.
- Di Fuccia, D. y Sánchez Díaz, I. (2015), *Chemie im Kontext*: una metodología de contextualización de contenidos en la enseñanza de la química. En M. González Montero de Espinosa, A. Baratas Díaz y A. Brandi Fernández (eds.), *Jornadas sobre investigación didáctica en ESO y Bachillerato*, Madrid, Santillana, 89-97.
- Di Fuccia, D. y Sánchez Díaz, I. (2016). Primeros resultados de la adaptación en España y Argentina de *Chemie in Kontext*, una metodología alemana de didáctica de la química en educación secundaria, En M. González Montero de Espinosa, A. Baratas Díaz y A. Brandi Fernández (eds.), *Jornadas sobre investigación didáctica en ESO y Bachillerato*, Madrid, Santillana.
- Finlayson, Odilla y Brady, Sarah (2013). The development and implementation of industry informed inquiry-based units for chemistry teachers (ESTABLISH Project). *Educació Química EduQ*, 14, 39-47.
- Espinet, Mariona (coord.) (2013). Perspectives sobre el context en educació científica: aproximacions teòriques i implicacions per a la pràctica educativa, Seminari de Doctorat, Facultat de Ciències de l'Educació. Barcelona, UAB. Disponible en https://ddd.uab.cat/pub/poncom/2013/132369/Seminari_Context_LIEC_final.pdf



- Eilks, Ingo y Rauch, Franz (2012). Special Issue: Education for Sustainable Development and Green Chemistry in chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 13, 2, 53-153.
- Eilks, Ingo; Rauch, Franz; Ralle, Bernd; Hofstein, Avi (2013). How to allocate the chemistry curriculum between science and society, en I. Eilks i A. Hofstein (eds.), *Teaching Chemistry -A Studybook. A Practical Guide and Textbook for Student Teachers, Teacher Trainees and Teachers*. Rotterdam: Sense Publishers, cap.1.
- Eubanks, L. P.; Middlecamp, C. H.; Pienta, N. J.; Heltzel, C. E. & Wearer, G. C. (2006). *Chemistry in Context. Applying chemistry to society*. (5a ed.). Dubuque, IA: McGraw-Hill.
- Fernández-González, Manuel y Jiménez-Granados, Alejandro (2014). La química cotidiana en documentos de uso escolar: análisis y clasificación. *Educación Química*, 25, 1, 7-13.
- Furió, C.; Hernández, Juan; Solbes, Jordi; Vilches, Amparo (2007). La física y química en las enseñanzas mínimas de la enseñanza secundaria obligatoria en la LOE. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 53, pp. 47-58.
- Garcia de Oliveira, Ana Carolina y Petrucci-Rosa, Maria Inês (2016). Recontextualizações e Hibridismos em Processos de Elaboração e Avaliação de Livros Didáticos. *Química Nova na Escola*, 38, 3, 273-283.
- Garritz, Andoni y Chamizo, José Antonio (1994). *Química*, Addison-Wesley Iberoamericana.
- Garritz, Andoni y Chamizo, José Antonio (2001). *Tú y la Química*, Pearson Educación de México.
- Gilbert, J. K. (2006). On the Nature of "Context" in Chemical Education. *International Journal of Science Education*, 28, 9, 957-976.
- Grup Recerca-Faraday (1988). *Química Faraday. Un enfoque conceptual, experimental e histórico*, Barcelona: Teide.
- Grup Salters (1999). *Batxillerat Química Salters. Materials en fase d'experimentació*. Departament d'Ensenyament. Generalitat de Catalunya.
- Guitart, Fina; Corominas, Josep; Caamaño, Aureli, et al. (2012). "Química en context": una proposta per a la química del batxillerat, en F. Guitart, A. Caamaño (eds.), *Actes de les IV Jornades sobre l'ensenyament de la Física i Química, I Trobada d'Educació Química*, Barcelona, Societat Catalana de Química pp. 131-134. Accesible en línea: <https://publicacions.iec.cat/repository/pdf/00000183/00000086.pdf>
- Gutiérrez, Marisa; Gómez Crespo, Miguel Ángel; Martín-Díaz, María Jesús (2008). ¿Basta con decretar un nuevo currículo de química?, *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 56, 20-27.
- Hernández, Gisela; López, Norma Mónica; Pedrero, Gabriela (2015). *Química. Una ciencia para el siglo XXI. Secundaria*. México: Ediciones SM.
- Heikkinen, Henry W. (2010). To Form a Favorable Idea of Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 87, 7, 680-684.
- Hill, John W. y Kolb, Doris K. (1999). *Química para el nuevo milenio*, 8ª edición, Pearson. Primera edición: [1972] *Chemistry for Changing Times*, Pearson.
- Hill, John W. y McCreary, Terry W. (2016). *Chemistry for Changing Times*, 14ª ed., Pearson.
- Hunt, Andrew (ed.) (1989). *Nuffield Co-ordinated Sciences Chemistry*. Londres: Longman.
- Izquierdo, Mercè; Caamaño, Aureli; Quintanilla, Mario (2007). *Investigar en la enseñanza de la química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar*. Universidad Autónoma de Barcelona.
- IPS (1973). *Curso de Introducción a las Ciencias Físicas. Nivel Intermedio*, Barcelona: Reverté.
- Jiménez-Liso, M. Rut y De Manuel, Esteban (2009). El regreso de la Química cotidiana: ¿regresión o innovación? *Enseñanza de las Ciencias*, 27, 2, 257-272.
- Jong, Onno de (2006). Making chemistry meaningful: Conditions for successful context-based teaching. *Educación Química*, 17, E, 215-221.
- Jong, Onno de (2015). New Chemistry: context-based modules and pathways in a bottom-up project of curriculum reform. *Educació Química EduQ*, 20, 25-31.



- Mandl, H. y Koop, B. (2005). Situated learning; Theories and models, en P. Nentwig, D. Waddington, (eds.) (2005): *Making it relevant. Context based learning of science*. Münster: Waxmann.
- Marchán-Carvajal, Iván y Sanmartí, Neus (2014). Una revisión sobre el uso de contextos en la enseñanza de las ciencias y su potencial para el desarrollo de la competencia científica. En De las Heras et. al. (coord.). *Investigación y transferencia para una educación en ciencias: Un reto emocionante*. Huelva: Servicio de Publicaciones de la UHU. Disponible en: <http://www.apice-dce.com/actas/docs/comunicaciones/orales/pdf/085.5-Marchan-Carvajal.pdf>
- Marchán, Iván y Sannmartí, Neus (2015). Potencialitats i problemàtiques dels projectes de química en context, *Educació Química EduQ*, 20, 4-12.
- Nuffield Foundation (1970). *Química. Curso modelo. Fases I y II: curso básico*, Barcelona: Reverté.
- Martínez-Del Águila R. y Jiménez-Liso, M.R. (2012). Análisis de blogs y libros para profesores sobre Química cotidiana: Una mirada desde la problematización y la contextualización. *Educación Química*, 23, 3, 346-354.
- Mortimer, E.F. y Horta Machado, A. (2003). *Química para o ensino médio*. São Paulo: Editora Scipione.
- Mortimer, E.F. y Horta Machado, A. (2011). *Química. Ensino Médio*, 3 vol., São Paulo: Editora Scipione. 2ª ed. (2013).
- Meroni, Gabriela; Copello, María Inés; Paredes, Joaquín (2015). Enseñar química en contexto. Una dimensión de la innovación didáctica en educación secundaria. *Educación Química*, 26, 275-280.
- Nuffield Science Foundation (1970). *Química. Curso modelo. Fases I y II: curso básico*, Barcelona: Reverté.
- Nuffield Science Foundation (1973). *Química. Curso modelo. Fase III: curso de opciones*, Barcelona: Reverté.
- Nuffield Science Foundation (1975). *Química Avanzada Nuffield*, Libros del alumno 1 y 2, Barcelona: Reverté.
- O'Connor, P.R., Davis, J.E., Haenisch, E.L., MacNab,W.K., McClellan, A.L. (1977). *Química: experimentos y teorías*, Barcelona: Reverté.
- Otter, Christine (2011). Context based learning in post compulsory education: Salters Advanced Chemistry Project. *Educació Química EduQ*, 10, 11-17.
- Otter, Christine y Stephenson, Kay (eds.) (2008). *Salters Advanced Chemistry, Chemical Storylines AS*, OCR-Heinemann.
- Otter, Christine y Stephenson, Kay (eds.) (2009). *Salters Advanced Chemistry, Chemical Storylines A2*, OCR-Heinemann.
- Otter, Chris; Harriss, Frank; Johnson, Lesley; Gale, Mark; Waistnidge, David; Newton, David (2015). *A Level Salters' Advanced Chemistry Year 1 and AS Student Book (OCR B)*. *OCR A Level Salters' Advanced Chemistry Year 2 (OCR B)*, Oxford University Press.
- Padilla, Kira (2006). El contenido del libro de química para el bachillerato. *Educación Química*, 17,1, pp. 2-13.
- Parchmann, Ilka y equipo ChiK (2009). Chemie im Kontext. One approach to realise science standards in chemistry classes. *Educació Química EduQ*, 2, 24-31.
- Parchmann, I.; Gräsel, C.; Baer, A.; Nentwig, P.; Demuth, R.; Ralle, B.; ChiK Project Group (2006). Chemie im Kontext: A symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach. *International Journal of Science Education*, 28, 9, 1041-1062.
- Parry, R.W., Steiner, L.E., Tellefsen , R.L., Dietz, P.M. (1973). *Química. Fundamentos experimentales*, Barcelona: Reverté.
- Pérez Campillo, Yolandi y Chamizo, José Antonio (2016). Análisis curricular de la enseñanza química en México en los niveles preuniversitarios. Parte II: La educación media superior. *Educación Química*, 27, 3, 182-194. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eq.2015.12.001>



- Pérgola, M. S. y Galagovsky, L. (2014). Puesta a prueba de una unidad didáctica dentro del enfoque de química en contexto. *Revista de Educación en la Química*, 20 (2), 143-155.
- Pérgola, M. S., Goyeneche, M. A., Rodríguez, M. L., Sánchez-Díaz, I., Di-Fuccia, D. S., y Galagovsky, L. R. (2015). Investigación sobre enseñanza en contexto del tema petróleo: aportes de estudiantes de profesorado. *The Journal of the Argentine Chemical Society*, 102, (1-2), 593-596.
- Pilling, Gwen y Waddington, David (2005). Implementation of Large-Scale Science Curricula: A Study in Seven European Countries. *Journal of Science Education and Technology*, 14, 4, 393-407.
- Pilot, Albert y Bulte, Astrid (2006). The Use of "Contexts" as a Challenge for the Chemistry Curriculum: Its successes and the need for further development and understanding. *International Journal of Science Education*, 28, 9, 1087-1112.
- Pimentel, George C. (ed.) (1972). *Química. Una ciencia experimental*. Barcelona: Reverté.
- Piñeros, Yaneth y Parga, Diana (2014). Caracterización de los contenidos curriculares contextualizados para la enseñanza de la química. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*, número extraordinario, Sexto Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias.
- Sanmartí, Neus (coord.) (2015). Monografía "Química en contexto". *Educació Química EduQ*, 20.
- Santos, Wildson L.P. y Maldaner, Otavio A. (eds.) (2010). *Ensino de Química en Foco*, Editora Ijuí: Editora Unijui.
- Santos, Wildson y Mól, Gerson (coords.) (2005). PEQUIS, *Química & Sociedade*. São Paulo, Editora Nova Geração.
- Santos, Wildson y Mól, Gerson, (coords.) (2010). *Química Cidadã*, São Paulo: Editora Nova Geração.
- Santos, Wildson y Mól, Gerson (coords.) (2013). *Química Cidadã*, 2^a ed., 3 vol., São Paulo, Editora AJS. 3^a ed: (2016). Puede accederse a los tres volúmenes en la página web: <http://www.quimicaajs.com.br/pdp/index.php#close>
- Santos, Wildson et al. (2009). Química e Sociedade: un projeto brasileiro para o ensino de química por meio de temas CTS. *Educació Química EduQ*, 3, 20-28.
- Schwartz, A. T., Bunce, D. M., Silberman, R. G., Stanitski, C. L., Stratton, W. J., & Zipp, A. P. (1994). *Chemistry in context: Applying chemistry to society*. Dubuque, IA: Wm. C. Brown.
- Snyder, Carl H. (2003). *The Extraordinary Chemistry of Ordinary Things*, 4^a ed., Wiley International.
- Solbes, J.; Ruiz, J. J.; Furió, C. (2010). Debates y argumentación en las clases de física y química. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 63, 65-76.
- Taber, Keith (2013). Revisting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 14, 2, 156-168.
- Talanquer, Vicente (2011). Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the Chemistry "triplet". *International Journal of Science Education*, 33, 2, 179-195.
- Talanquer, Vicente (2013). Chemistry Education: Ten Facets to Shape Us. *Journal of Chemical Education*, 90, 7, 832-838.
- Talanquer, Vicente (2016). Central Ideas in Chemistry: An Alternative Perspective. *Journal of Chemical Education*, 93, 1, 3-8.
- Talanquer, Vicente y Irazoqui, Glinda (2008). *Química Ciencias 3. Educación Secundaria Tercer Grado*. México, D.F.: Ediciones Castillo Secundaria.
- Talanquer, Vicente y Sevian, Hannah (2014). Chemistry in Past and New Science Frameworks and



- Standards: Gains, Losses, and Missed Opportunities. *Journal of Chemical Education*, 91, 1, 24-29.
- Trejo, Luis Miguel y Estrada, Ricardo M. A. (2010). *Química 1 y 2. Enfoque por competencias*, 2 vol., México, D.F.: Fernández Editores.
- Van Berkel, Berry; De Vos, Woobe; Verdonk, Adri H.; Pilot, Albert (2000). Normal Science Education and its Dangers: The Case of School Chemistry. *Science & Education*, 9, 123-159.
- Van der Akker (1998). The science curriculum: Between ideals and outcomes. En B. Fraser y K. Tobin, (eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 421-447). Dordrecht: Kluwer.
- Vázquez, Ángel y Manassero, Mª Antonia (2012). Secuencias de enseñanza-aprendizaje CTS contextualizadas en química del proyecto EANCYT. *Educació Química EduQ*, 11, 32-39.
- Vilches, Amparo y Gil, Daniel (2013). Ciencia de la sostenibilidad: un nuevo campo de conocimientos al que la química y la educación química están contribuyendo. *Educación Química*, 24, 2, 19-206.
- Vilches, Amparo y Gil, Daniel (2014). Educació química i ciència de la sostenibilitat. Una nova i potent font de motivació per als estudiants. *Educació Química EduQ*, 17, 37-44.
- Wellington, Jerry (ed.) (1989). *Skills and processes in Science Education. A critical analysis*. Londres: Routledge.
- Zenteno-Mendoza, Blanca Estela y Garritz, Andoni (2010). Secuencias dialógicas, la dimensión CTS y asuntos socio-científicos en la enseñanza de la química. *Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7, 1, 2-25.