



Enseñar química mediante la contextualización, la indagación y la modelización*

Aureli Caamaño
Universidad de Barcelona
CESIRE-CDEC

La enseñanza de la química debería conseguir integrar contextualización, indagación y modelización como procesos imprescindibles en el aprendizaje de la competencia científica. En el presente artículo se abordan estos tres enfoques básicos de la enseñanza de las ciencias y de la química, en particular, y se explora cómo podrían integrarse para conseguir una enseñanza de la química más significativa y relevante. A continuación se presenta una clasificación de las secuencias didácticas y se describen algunos proyectos de química en contextos actuales en relación con estos tres enfoques.

Palabras clave: *química en contexto, indagación, modelización, educación química.*

Teaching chemistry through contextualisation, discovery and modelling

Chemistry teaching should seek to integrate contextualisation, discovery and modelling as key processes for learning scientific competence. This article looks at these three basic focuses for teaching science in general and chemistry in particular and explores how they can be integrated to achieve more meaningful and relevant chemistry teaching. It also presents a classification of teaching sequences and describes some chemistry projects in current contexts in relation to these three focuses.

Keywords: *chemistry in context, discovery, modelling, chemistry education.*

■ La enseñanza contextualizada de la ciencia

Por contextualizar la ciencia entendemos 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 dos enfoques CTS (ciencia-tecnología-sociedad) de la enseñanza de las ciencias; en uno se parte de los conceptos para interpretar y explicar el contexto, y en otro, se parte del contexto para introducir y desarrollar los conceptos y modelos. Este último

enfoque, que es el que propiamente se denomina enfoque basado en el contexto, está siendo ampliamente utilizado en los nuevos enfoques de la enseñanza de la ciencia (Nentwig y Waddington, 2005) y empezando a ser introducido con diferentes énfasis en las reformas curriculares en muchos países (Costa y otros

Por contextualizar la ciencia entendemos relacionarla con la vida cotidiana de los estudiantes y hacer ver su interés para sus futuras vidas en los aspectos personal, profesional y social

Las secuencias didácticas en contexto, de carácter CTS, generalmente proporcionan los conceptos y modelos ya elaborados

2003; Caamaño 2005, 2006, 2007, 2011a; Izquierdo, Caamaño y Quintanilla, 2007).

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).

El aprendizaje basado en la resolución de problemas integra los enfoques cognitivista y situacionista y da importancia a la vez al proceso de instrucción del profesor y al proceso de construcción del conocimiento del estudiante. El pro-



Cuadro 1. Equilibrio entre instrucción y construcción en el aprendizaje (Reinmann-Rothmeier y Mandl, 2001, en Netwing y Waddington, 2005, p. 28)

ceso de aprendizaje se concibe como un proceso autodirigido y constructivo, pero facilitado y mejorado mediante una ayuda instruccional apropiada. El cuadro 1 muestra el equilibrio entre estos dos procesos.

Las secuencias didácticas en contexto, de carácter CTS, en general se centran en la indagación o en el debate de problemas de la química aplicada o de química y sociedad, pero generalmente proporcionan los conceptos y modelos ya elaborados, sin incorporar su construcción en la secuencia de actividades. En otras ocasiones, al centrarse nada más que en contextos tecnológicos de actualidad, ignoran toda consideración histórica al origen y evolución de los conceptos implicados.

■ Los modelos científicos y el proceso de modelización escolar

La ciencia es una actividad encaminada a producir modelos que ayudan a explicar los fenómenos que queremos comprender. De acuerdo con Justi (2011a), la investigación científica se caracteriza por el desarrollo, evaluación y revisión de modelos, explicaciones y teorías con criterios y estrategias propios de la ciencia. Teniendo en cuenta las etapas involucradas en este proceso, parece obvio que aprender a pensar científicamente sería aprender a desarrollar, evaluar y revisar modelos, explicaciones y teorías.

De hecho, la actividad científica supone dos conjuntos de procesos igualmente importantes. En primer lugar se encuentran los procesos asociados con la generación de hipótesis, que se engloban en la expresión contexto de descubrimiento. Estos procesos abordan las características del desarrollo del conocimiento científico y tienen que ver con el origen y evolución de las ideas (teorías y modelos). El segundo conjunto tiene que ver con la comprobación de las hipóte-

sis y pertenece al contexto de la justificación. El contexto de justificación se refiere a cómo se reúnen pruebas y cómo se establece su validez y fiabilidad (Duschl, 1997).

Las teorías científicas son conjuntos de ideas sobre el mundo basadas en pruebas; son internamente consistentes, y usualmente están de acuerdo con otras teorías aceptadas. Los modelos son representaciones de un objeto, un proceso o un fenómeno con la finalidad de explicar su estructura o funcionamiento y predecir futuros estados. Ocupan una posición intermedia entre los fenómenos y las teorías; son un mediador entre la realidad que se modeliza y las teorías sobre esa realidad. No debe olvidarse que son representaciones parciales de la realidad, lo que implica que no son la realidad ni copias de la realidad (Justi, 2011a).

El desarrollo del conocimiento científico relativo a cualquier fenómeno se relaciona normalmente con la producción de una serie de modelos con diferentes alcances y poder de predicción. Los *modelos científicos escolares* (también llamados modelos curriculares) son la versión escolar de los modelos científicos *incluidos en el currículo*. Las personas y los estudiantes aprenden sobre el mundo construyendo modelos mentales sobre los aspectos de aquél de su interés. El proceso de aprendizaje en el aula debería consistir en la elaboración de una sucesión de modelos mentales de los estudiantes que progresivamente se irían aproximando al modelo científico escolar deseado en cada nivel educativo.

El proceso de modelización escolar ha adquirido recientemente una gran importancia

La ciencia es una actividad encaminada a producir modelos que ayudan a explicar los fenómenos que queremos comprender

El proceso de aprendizaje en el aula debería consistir en la elaboración de una sucesión de modelos mentales de los estudiantes que progresivamente se irían aproximando al modelo científico escolar

como objetivo fundamental de la enseñanza de las ciencias (Cañal, 2004; Izquierdo y Aliberas, 2004). Diferentes autores han propuesto diferentes enfoques, que describimos a continuación.

Gutiérrez (2004), ateniéndose a las ideas de Johnson-Laird, considera que la construcción de los modelos mentales tiene lugar a través de tres representaciones:

1. Una primera representación mental del sistema físico que se quiere modelizar consistente en imaginar las entidades que lo constituyen y sus propiedades.
2. Una segunda representación mental, que son las reglas de inferencia o reglas de funcionamiento, que permiten la predicción de posibles futuros estados del sistema físico modelizado.
3. Una tercera representación que consiste en la ejecución o simulación del modelo, aplicando mentalmente las reglas de funcionamiento, lo que permite comprobar si hay correspondencia entre la simulación y el comportamiento del sistema físico.

De acuerdo con estas ideas, las etapas para ayudar a los estudiantes a modelizar un fenómeno/proceso serían las siguientes:

1. Seleccionar el fenómeno que se desea modelizar.
2. Decidir el modelo que se desea construir (modelo escolar).

3. Tener en cuenta las ideas previas de los estudiantes y seleccionar –si procede– las analogías/similitudes que faciliten el acercamiento del modelo mental del alumnado al modelo escolar.
4. Pedir al alumnado que exprese cómo se imagina su modelo mental (elementos, propiedades y reglas de funcionamiento).
5. Ayudar al estudiante a que realice una simulación mental del modelo y lo compare con el fenómeno que está modelizando.
6. Si existe correspondencia, pasar a la fase de contraste experimental, generalización y predicción.
7. Si no existe correspondencia, ayudarle a revisar y rediseñar su modelo mental, ya sea en lo que hace referencia a las entidades constituyentes, a sus propiedades o a las reglas de funcionamiento.
8. Si la modelización es válida, pasar a investigar los límites del modelo.

Según Justi (2011b) la modelización escolar debe tener lugar a través de cuatro etapas:

1. La elaboración de un modelo mental del estudiante a partir de sus ideas previas, la información externa obtenida a partir de evidencias experimentales y por otros medios, y la utilización de un razonamiento analógico en el proceso de relacionar informaciones.
2. La representación del modelo mental mediante dibujos, esquemas, ecuaciones, maquetas, etc.
3. La puesta a prueba (empírica o mental) del modelo.
4. La evaluación del alcance y de las limitaciones del modelo elaborado.

Jiménez Aleixandre y Gallástegui (2011), en sus investigaciones sobre la argumentación cien-

tífica a nivel escolar, caracterizan tres procesos de producción del conocimiento:

1. **Construcción del conocimiento científico:** construir, revisar y evaluar modelos científicos; generar nuevas ideas en respuesta a problemas.
2. **Evaluación del conocimiento:** contrastar hipótesis y enunciados con las pruebas disponibles. Este proceso implica argumentar a partir de las pruebas.
3. **Comunicación del conocimiento:** comprender y elaborar mensajes científicos, persuadir a una audiencia, leer y escribir ciencia. Su trabajo, de todos modos, está más centrado en el aprendizaje de la argumentación que en el proceso de modelización.

De hecho, las propuestas didácticas de modelización son una actualización de las que estuvieron basadas en las concepciones alternativas y las formas de razonamiento del alumnado, que serían una de las causas de las concepciones y modelos mentales alternativos (Talanquer, 2006, 2011).

Un objetivo fundamental de la enseñanza de las ciencias debería ser que los estudiantes fueran capaces de producir explicaciones «científicas». Cuando solicitamos a un estudiante que interprete un fenómeno o un hecho, generalmente le estamos pidiendo que lo haga a partir de un modelo. Sin embargo, esto no es siempre obvio para los estudiantes. Muchos de ellos no son capaces de identificar el tipo de explicación que se les pide y dan explicaciones superficiales basadas en el sentido común, explicaciones teleológicas o finalistas o explicaciones basadas en reglas, que aun siendo ciertas

Las propuestas didácticas de modelización son una actualización de las que estuvieron basadas en las concepciones alternativas y las formas de razonamiento del alumnado

no explican la verdadera causa del hecho o de la relación entre variables que se quiere explicar. Para mejorar esta situación sería necesario explicar más claramente el tipo de explicación que pedimos a nuestro alumnado y potenciar las explicaciones basadas en modelos, frente a aquellas que están basadas en reglas.

Las líneas de investigación comentadas sobre los procesos de modelización, argumentación y formas de razonamiento de los estudiantes presentan muchas ideas en común y otras complementarias. Sería conveniente seguir trabajando en esta dirección para mejorar nuestro conocimiento sobre los procesos de modelización, tanto en los aspectos de construcción (aprendizaje) como de instrucción (enseñanza), y sobre cómo integrar estos procesos en secuencias didácticas contextualizadas e indagativas.

La elaboración de secuencias didácticas basadas en la modelización incorpora la enseñanza por indagación en la fase de contrastación de

las hipótesis o validación del modelo, pero muchas veces usa la contextualización nada más que como elemento de motivación al inicio o como objeto de aplicación del modelo al final. En general, muchas de estas secuencias muestran un carácter muy disciplinar y conceptual y

aunque se orienten a la resolución de problemas, se trata de problemas teóricos en el marco del desarrollo de los modelos y no de problemas prácticos contextualizados en un entorno CTS.

■ La enseñanza por investigación

En un artículo del monográfico Enseñar y aprender investigando, Cañal (2007) afirmaba que la

investigación escolar es hoy una opción didáctica sólidamente fundamentada, con valiosos precedentes históricos, pero muy distante de concepciones anteriores como las propuestas de aprendizaje por descubrimiento. Se trata de un enfoque en el que caben múltiples posibilidades: desde prestar mayor atención al entorno vivencial y a las preguntas de los escolares sobre él, hasta la introducción de actividades de tratamiento de problemas abiertos, como los trabajos prácticos investigativos o el desarrollo de secuencias didácticas plenamente investigadoras.

Una serie de simposios, monografías y artículos han abordado en los últimos años la conveniencia de la enseñanza de las ciencias por investigación y la forma de extender su implementación. Por ejemplo, en 2001 se celebró en Illinois (EEUU) (Abd-El-Khalick y otros, 2004) un simposio en el que se contrastaron las propuestas de inclusión de enfoques de investigación en los currículos oficiales de diferentes países y se analizó la existencia de los obstáculos que dificultaban su implementación. En 2007 la Comisión Europea publicó el documento *Science Education now. A renewed pedagogy for the future of Europe* (Rocard, 2007), en el que se propone enseñar ciencias mediante la indagación con la finalidad de combatir la desmotivación de los estudiantes hacia la ciencia. Garritz e Irazoque (2004) han defendido el trabajo práctico integrado con la resolución de problemas y el aprendizaje conceptual de la química. Viennot (2011) trata de los retos de la enseñanza de las ciencias basada en la indagación en un reciente artículo. En este mismo monográfico, Mas (2011) defien-

La elaboración de secuencias didácticas basadas en la modelización incorpora la enseñanza por indagación en la fase de contrastación de las hipótesis pero, en general, muchas de estas secuencias muestran un carácter muy disciplinar y conceptual

de una enseñanza de la química en la escuela secundaria basada en pedagogías abiertas, de acuerdo con las recientes orientaciones del currículo francés, que suponen un enfoque investigativo que implica procedimientos de observación, documentación, experimentación y modelización.

La indagación experimental forma parte del proceso de elaboración de modelos en el marco escolar, en las fases de elaboración y puesta a prueba de los modelos mentales, como acabamos de ver en la sección anterior. Este tipo de actividades investigativas han sido caracterizadas como investigaciones para resolver problemas teóricos (Caamaño, 2004). Sin embargo, existe otro tipo de investigaciones, cuyo objetivo es la resolución de problemas prácticos, más ligados a contextos de la vida cotidiana, que no pretenden la generación de conocimiento teórico, pero que son muy útiles para la comprensión procedimental de la ciencia, es decir, para aprender los procesos que caracterizan la investigación.

La comprensión procedimental de la ciencia es uno de los objetivos de su enseñanza y la realización de actividades investigativas en el aula es una de las formas de adquirir esta comprensión con una perspectiva holística. Por tanto, el enfoque indagativo en la enseñanza de las ciencias se justifica tanto por constituir un método de comprensión de la naturaleza de la ciencia como por constituir un elemento básico de la construcción del conocimiento escolar en los procesos de modelización (Caamaño, 2011b).

Atendiendo a la diferenciación establecida entre investigaciones para resolver problemas teó-

ricos (actividad propia de los procesos de modelización) e investigaciones para resolver problemas prácticos (actividad propia de los procesos de comprensión procedimental de la ciencia que no pretenden generar conocimiento teórico), una enseñanza de las ciencias basada en la contextualización, la modelización y la indagación requiere que las investigaciones planteadas partan de problemas reales de carácter aplicado cuya resolución implique procesos de modelización.

Por lo general, existen más ejemplos de secuencias didácticas basadas en la indagación para la construcción de modelos que basadas en la resolución de problemas prácticos, tecnológicos o sociocientíficos. Convendría disponer de más ejemplos de secuencias didácticas contextualizadas basadas en la resolución de problemas prácticos y en la modelización de las situaciones-problema planteadas.

■ El diseño de unidades didácticas

La investigación y la innovación en la elaboración y evaluación de secuencias didácticas realizadas desde diferentes marcos teóricos aportan resultados muy interesantes que hay que tener en cuenta en la categorización de los tipos de secuencias en relación con la modelización, el contexto y la indagación.

Couso (2011) se ha referido recientemente a tres modelos de elaboración de secuencias didácticas, todos ellos de carácter fundamentalmente conceptual.

1. El modelo de la reconstrucción educativa, que se centra en la problematización del contenido de instrucción (el contenido que se debe enseñar y aprender) y su secuenciación. En este modelo se considera necesario integrar el conocimiento científico abstracto en contextos que tengan en cuenta las potencialidades y dificultades para aprender de los aprendices.

2. El modelo de la demanda de aprendizaje, que pone el énfasis en atender a los requisitos cognitivos de los contenidos y a la interacción social en el aula, centrándose en las preguntas que estimulan el pensamiento de los alumnos y en cómo el profesor debe responder y guiar el discurso de éstos.
3. El modelo basado en la modelización, que hace hincapié en la construcción de modelos escolares a partir de los modelos mentales de los estudiantes.
A estos tres modelos sería preciso añadir otros dos, que son los que se usan en la mayoría de los proyectos de química en contexto.
4. El modelo basado en el aprendizaje en contexto, en el que se aborda y se debate algún aspecto de ciencia-tecnología-sociedad para cuya comprensión es preciso introducir una serie de conceptos.
5. El modelo basado en la resolución de problemas teóricos (conceptuales) o prácticos (CTS) de carácter fundamentalmente indagativo.

Entre todos estos modelos existen muchos puntos en común y de hecho ya existen secuencias didácticas que combinan características de diferentes modelos, como, por ejemplo, las diseñadas en un reciente proyecto europeo (Couso, Hernández y Pintó, 2009), que abarcan a la vez la contextualización, la indagación y la modelización.

La investigación y la innovación en la elaboración y evaluación de secuencias didácticas aportan resultados muy interesantes que hay que tener en cuenta en relación con la modelización, el contexto y la indagación

■ Proyectos de química en contexto

A continuación se describen tres proyectos de química en contexto que se han elaborado e implementado en los últimos años, destacando sus características principales y la forma en que resuelven la integración del contexto, la modelización y la indagación.

■ El proyecto inglés *Salters Advanced Chemistry* y la adaptación española *Química Salters para el bachillerato (17-18 años)*

La Química Salters es una adaptación al currículo español de la primera edición del proyecto inglés *Salters Advanced Chemistry* (1994), elaborado por el Grupo de Educación Química de la Universidad de York. Este proyecto se estructura con una serie de 13 narraciones que se recogen en el libro *Storylines* y consta además de un libro

de conceptos (*Chemical Ideas*) y un conjunto de actividades (*Activities*).

La adaptación de este proyecto para la química del bachillerato en España fue realizada por un equipo de profesores de secundaria y de universidad, de Barcelona, Madrid y Valencia, en el período 1995-2000. Las ocho unidades elaboradas de la Química Salters (cuadro 2) se publicaron, una vez experimentadas, en dos versiones, una en catalán (Grup Salters, 1999) y otra en castellano (Grupo Salters, 2000). Cada unidad constaba de tres partes: la lectura o narración CTS (química al día), los conceptos y las actividades.

En el 2000 se publicó una segunda edición del proyecto *Salters Advanced Chemistry* que organizaba los contenidos de las materias de bachillerato en dos asignaturas, *Advanced Subsidiary (AS)* y *Advanced 2 (A2)*, de acuerdo con el nuevo currículo inglés. En el 2008 se publicó una tercera edición (Denby, Otter y Stephenson, 2003), en la que las narraciones aparecen recogidas en volúmenes

PRIMER CURSO

1. Elementos de la vida. Un estudio de los elementos del cuerpo humano, del descubrimiento y clasificación de los elementos, y del origen de los elementos en el sistema solar y en el universo.
2. Desarrollo de combustibles. Un estudio sobre los combustibles y el trabajo de los químicos para obtener mejores gasolinas.
3. De los minerales a los elementos. Un estudio de la extracción y uso de tres elementos: el bromo, el cobre y el plomo.
4. La revolución de los polímeros. Un estudio del desarrollo de los polímeros desde su nacimiento hasta nuestros días y del problema de los residuos que generan.

SEGUNDO CURSO

5. La atmósfera. Un estudio de los procesos que tienen lugar en la atmósfera y de su incidencia en el clima. Se abordan los problemas del agujero en la capa de ozono y del efecto invernadero.
6. Aspectos de agricultura. Un estudio de la investigación química para asegurar buenas cosechas.
7. La química del acero. La producción del acero y los procesos industriales utilizados para protegerlo contra la corrosión.
8. Los océanos. Una descripción de los océanos y del papel que desempeñan en la regulación del clima y en la formación de las rocas.

Cuadro 2. Unidades (narraciones CTS) de la Química Salters (2000)

ADVANCED SUBSIDIARY
1. Elementos de la vida 2. Desarrollo de combustibles 3. Elementos del mar 4. La atmósfera 5. La revolución de los polímeros
ADVANCED 2
6. ¿Qué es un medicamento? 7. La revolución de los materiales 8. El hilo de la vida 9. La historia del acero 10. Agricultura e industria 11. Color por diseño 12. Los océanos 13. Medicinas por diseño

Cuadro 3. Unidades (*Chemical Storylines*) del *Salters Advanced Chemistry* (2008)

separados, una para cada curso (*Chemical Storylines*, AS, y *Chemical Storylines*, A2). Véase el cuadro 3. En la actualidad un grupo de profesores del Centro de Documentación y Experimentación en Ciencias de Barcelona está reelaborando y experimentando unidades de química en contexto basadas en la Química Salters.

En el proyecto Química Salters el contexto se introduce a través de las lecturas. A lo largo de ellas existen recuadros que proponen a los alumnos estudiar los apartados conceptuales pertinentes, que se encuentran en el libro de conceptos. Esta distribución hace que los contenidos CTS y conceptuales no se encuentren integrados en una única unidad, pero facilita la revisión organizada de los conceptos por los estudiantes a lo largo de los dos cursos. La presentación de los contenidos conceptuales es tradicional, sin que se intente la construcción de los modelos con la participación de los estudiantes. También existen recuadros para la propuesta de realización de las actividades. Muchas de las actividades son experimentales y relacionadas con el con-

texto de la unidad, una de las mayores aportaciones del proyecto; otras están más ligadas a los conceptos. En general no son de tipo investigativo, sino que son más bien experimentos guiados. Una de las dificultades principales encontradas en la experimentación del proyecto fue la integración del aprendizaje de los contenidos CTS y conceptuales.

■ El proyecto alemán *Chemie im Kontext*

El proyecto *Chemie im Kontext* (CHiK) es un proyecto curricular alemán para la enseñanza de la química en contexto, elaborado por profesorado de química de secundaria en colaboración con profesorado universitario de la universidad de Kiel. Se han desarrollado unidades didácticas para los diferentes niveles de la educación secundaria.

En el proyecto Química Salters el contexto se introduce a través de las lecturas

La presentación de los contenidos conceptuales es tradicional, sin que se intente la construcción de los modelos con la participación de los estudiantes

La filosofía del proyecto se basa en tres aspectos fundamentales: un aprendizaje contextualizado, conceptos básicos globalizados y una variedad de métodos de enseñanza y aprendizaje. Todas las unidades didácticas se estructuran en cuatro etapas:

1. La etapa de contacto (que pretende motivar a los estudiantes y activar sus conocimientos previos).
2. La etapa de evaluación inicial y planificación (que pretende que el estudiante plantee preguntas y la estructuración del proceso de aprendizaje resultante).
3. La etapa de desarrollo y presentación.
4. La etapa de síntesis, profundización, ejercicio, abstracción y transferencia. Algunos títulos de las unidades son «Análisis de alimentos», «¿Por qué, cómo y dónde?», «¿Dióxido de carbono y cambio climático?», «Materiales de diseño», «Una boca llena de química».

El artículo de Parchmann (2009, 2011), en esta misma monografía (pp. 8-20), permite ampliar la información sobre el enfoque y contenidos de este proyecto, uno de los que mejor resuelve la integración de los elementos de contexto, indagación y modelización.

■ El proyecto brasileño *Química Ciudadana*

Este proyecto es la versión actual del proyecto *Química e Sociedade* (Santos y otros, 2009), un proyecto brasileño para la enseñanza de la química

por medio de temas CTS, elaborado por el Laboratorio de Investigación en la Enseñanza de la Química (LPEQ) del Instituto de Química de la Universidad de Brasilia, destinado a los tres últimos años de la educación secundaria (15-17 años). Tuvo su origen en un programa de formación continua del profesorado, lo que posibilitó la participación del profesorado en la elaboración de los materiales didácticos.

El proyecto actual, *Química Ciudadana* (*Química Cidadã*), está dividido en tres volúmenes y consta de diez unidades didácticas (cuadro 4). Cada unidad está dividida en varios capítulos.

En el proyecto se mantiene el orden clásico conceptual de los contenidos químicos, al que están habituados los profesores, y se seleccionan temas CTS que se relacionan con esos contenidos. En cada unidad hay un tema CTS central, tema en foco, que se desarrolla por medio de textos temáticos que inician cada uno de los capítulos de que consta la unidad. Estos textos tratan de procesos químicos involucrados en aspectos ambientales, políticos, económicos, éticos, sociales o culturales. El proyecto se caracteriza por hacer especial hincapié en los aspectos social y ciudadano de la química. Al final de los textos se plantean cuestiones para el debate.

El grupo de investigación del LEPQ ha realizado estudios sobre la forma en que los profesores usan los materiales en el aula y han identificado diferentes estrategias para abordar los textos temáticos. En general los profesores hacen una lectura y discusión conjunta con los estudiantes de las cuestiones planteadas. A medida que los alumnos van adquiriendo una mayor

El proyecto se caracteriza por hacer especial hincapié en los aspectos social y ciudadano

PRIMER CURSO

1. Química, materiales y consumo sostenible.
Consumismo. Reutilizar y reciclar. Basura. En busca de un consumo sostenible.
2. Gases, modelos atómicos y contaminación atmosférica.
Contaminación atmosférica y calentamiento global. Capa de ozono y radiación solar. Mercado de carbono.
3. Constituyentes, interacciones químicas, propiedades de las sustancias y agricultura.
Química y agricultura. Producción de alimentos y medio ambiente. Agricultura sostenible.
4. Cálculos químicos y uso de los productos químicos.
Evitar los residuos. Productos químicos domésticos.

SEGUNDO CURSO

1. Composición y clasificación de los materiales, solubilidad, propiedades coligativas e hidrosfera.
Ciclos del agua y sociedad. Gestión de recursos hídricos.
2. Hidrocarburos, alcoholes, termoquímica, cinética, electroquímica, energía nuclear y recursos energéticos.
Energía y sociedad. Energía y medio ambiente. Fuentes de energía. Energía nuclear como fuente de energía eléctrica. Política energética.
3. Sustancias inorgánicas, equilibrio químico y contaminación de las aguas.
Contaminación de las aguas. Tratamiento y saneamiento del agua.

TERCER CURSO

1. La química en nuestras vidas.
La ingeniería genética y la ética. Química de la salud y de la belleza. Los plásticos y el medio ambiente. Industria química y sociedad.
2. Metales, pilas y baterías.
Metales: materiales de la vida cotidiana. Recogida de pilas y baterías. Metales, sociedad y medio ambiente.
3. Átomo, radioactividad y energía nuclear.
El microcosmos del mundo atómico. Ciencia para la paz.

Cuadro 4. Unidades del proyecto Química Ciudadana. Los temas CTS abordados se indican en cursiva

soltura en la lectura de los textos, algunos profesores introducen dinámicas de grupo diferenciadas que posibilitan una mayor participación del alumnado en las discusiones y una mayor interacción en el aula. Del mismo modo que ocurría con la Química Salters, el que los materiales del proyecto se ajusten al formato de un libro de texto no permite apreciar la propuesta didáctica sobre el aprendizaje de conceptos y modelos. No se incluyen actividades de modelización ni investigativas experimentales.

■ En resumen

En este artículo hemos argumentado a favor de la necesidad de integración de tres enfoques en la enseñanza de las ciencias, que se han desarrollado, en parte, de forma separada hasta el momento: la enseñanza basada en la contextualización, la basada en la modelización y la basada en la indagación. Hemos descrito brevemente los supuestos en los que se fundamentan los tres enfoques y hemos destacado las deficiencias que,

Nos parece que es necesario continuar investigando y explorando formas de mayor integración de estos tres enfoques para conseguir alcanzar una enseñanza de la química más significativa, auténtica y relevante

a nuestro parecer, presentan las secuencias didácticas y proyectos curriculares de química elaborados en relación con estos tres modelos de enseñanza. Nos parece que es necesario continuar investigando y explorando formas de mayor integración de estos tres enfoques para conseguir alcanzar una enseñanza de la química más significativa, auténtica y relevante.

Nota

* Este artículo ha constituido la ponencia «La enseñanza de la química basada en la modelización, la indagación y la contextualización», presentada en el 34.º Encuentro Anual de la Sociedad Brasileña de Química, que tuvo lugar en Florianópolis (Brasil) los días 24, 25 y 26 de mayo de 2011.

Referencias bibliográficas

- ABD-EL-KHALICK, F. y otros (2004): «Inquiry in Science Education: International Perspectives». *International Journal of Science Education*, vol. 38(3), pp. 397-419.
- CAAMAÑO, A. (2004): «Experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones: ¿una clasificación útil de los trabajos prácticos?». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 39, pp. 8-19.
- (2005): «Contextualizar la ciencia. Una necesidad en el nuevo currículo de ciencias». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 46, pp. 5-8.
- (2006): «Retos del currículo de química en la educación secundaria. La selección y contextualización de los contenidos de química en los currículos de Inglaterra, Francia y España». *Educación Química*, núm. 17, pp. 195-208.
- (2007): «Modelizar y contextualizar el currículum de química: un proceso en constante desarrollo», en IZQUIERDO, M.; CAAMAÑO, A.; QUINTANILLA, M. (eds.): *Investigar en la enseñanza de la química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar*. Barcelona. Universitat Autònoma de Barcelona.
- (2011a): «La química en el bachillerato: por una química en contexto», en CAAMAÑO, A. (coord.): *Física y Química. Complementos de formación disciplinar*. Barcelona. Graó.
- (2011b): «La investigación escolar es la actividad que mejor integra el aprendizaje de los diferentes procedimientos científicos», en PEDRINACI, E. (coord.): *11 ideas clave sobre la adquisición de la competencia científica*. Barcelona. Graó. [En prensa]
- CAÑAL, P. (coord.) (2004): «De las concepciones a los modelos en la enseñanza de las ciencias». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 42, pp. 5-7.
- (2007): «La investigación escolar hoy». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 52, pp. 9-19.
- COSTA, J.A. y otros (2003): «La química en la educación secundaria en Portugal: una perspectiva de cultura científica». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 36, pp. 68-75.
- COUSO, D. (2011): «Las secuencias didácticas en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias: modelos para su diseño y validación», en CAAMAÑO, A. (coord.): *Didáctica de la física y química*. Barcelona. Graó.

- COUSO, D.; HERNÁNDEZ, M.I.; PINTÓ, R. (2009): «Las propiedades acústicas de los materiales. Una propuesta didáctica de modelización e indagación sobre ciencia de materiales». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 59, pp. 66-78.
- DENBY, D.; OTTER, C.; STEPHENSON, K. (2008): *Salter's Advanced Chemistry: Chemical Storylines AS*. Oxford. OCR-Heinemann.
- (2008): *Salter's Advanced Chemistry. Chemical Storylines A2*. Oxford. OCR-Heinemann.
- (2009): *Salter's Advanced Chemistry. Chemical Ideas*. Oxford. OCR-Heinemann.
- DUSCHL, R.A. (1997): *Renovar la enseñanza de las ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo*. Madrid. Narcea.
- GARRITZ, A.; IRAZOQUE, G. (2004): «El trabajo práctico integrado con la resolución de problemas y el aprendizaje conceptual en química». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 39, pp. 40-51.
- GRUP SALTERS (1999): *Química Salters. Batxillerat. Materials de treball*. Generalitat de Catalunya. Departament d'Ensenyament.
- GRUPO SALTERS (2000): *Química Salters. Bachillerato. Materiales didácticos*. Generalitat Valenciana. Conselleria de Cultura y Educación.
- GUTIÉRREZ, R. (2004): «La modelización y los procesos de enseñanza-aprendizaje». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 42, pp. 8-18.
- IZQUIERDO, M.; ALIBERAS, J. (2004): «L'aprenentatge dels models científics», en *Pensar, actuar i parlar a la classe de ciències. Per un ensenyament de les ciències racional i raonable*. Barcelona. Universitat Autònoma de Barcelona (Materials, 150), pp. 127-138.
- IZQUIERDO, M.; CAAMAÑO, A.; QUINTANILLA, M. (eds.) (2007): *Investigar en la enseñanza de la química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar*. Barcelona. Universidad Autónoma de Barcelona.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P.; GALLÁSTEGUI, J.R. (2011): «Argumentación y uso de pruebas: construcción, evaluación y comunicación de explicaciones en física y química», en CAAMAÑO, A. (coord.): *Didáctica de la física y química*. Barcelona. Graó.
- JUSTI, R. (2011a): «Las concepciones de "modelo" de los alumnos, la construcción de modelos y el aprendizaje de las ciencias. Una relación compleja y central en la enseñanza de las ciencias», en CAAMAÑO, A. (coord.): *Didáctica de la física y química*, Barcelona. Graó.
- (2011b): «Contribucions de la investigació sobre l'ensenyament basat en la modelització per a un ensenyament més autèntic de la química». *Educació Química EduQ*, núm. 8.
- MANDL, H.; KOPP, B. (2005): «Situaded learning; Theories and models», en Nentwig, P.; Waddington, D. (eds.) (2005): *Making it relevant. Context based learning of science*. Münster. Waxmann.
- MAS, V. (2011): «Enseñanza de la química en secundaria basada en una pedagogía de investigación». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 69.
- NENTWIG, P.; WADDINGTON, D. (eds.) (2005): *Making it relevant. Context based learning of science*. Münster. Waxmann.
- PARCHMANN, I. (2009): «Chemie im Kontext: One approach to realize science standards in chemistry classes?». *Educació Química EduQ*, núm. 2, pp. 24-31.
- ROCARD, M. (2007): *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe* [en línea]. Bruselas. <http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf>. [Trad. castellano en *Alambique*.

Didáctica de las Ciencias Experimentales,
núm. 55, pp. 104-120]

SANTOS, W. y otros (2009): «Química e
Sociedade: un projeto brasileiro para o ensino
de química por meio de temas CTS».

Educação Química EduQ, núm. 3, pp. 20-28.

TALANQUER, V. (2006): «Commonsense che-
mistry: a model for understanding students'
alternative conceptions». *Journal of Chemical
Education*, vol. 83(5), pp. 811-816.

— (2011): «El papel de las ideas previas en el apren-
dizaje de la química». *Alambique. Didáctica de
las Ciencias Experimentales*, núm. 68.

VIENNOT, L. (2011): «Els molts reptes d'un
ensenyament de les ciències basat en la inda-
gació: ens aportarà múltiples beneficis en l'a-
prenentatge?». *Ciències*, núm. 18, pp. 22-36.

Dirección de contacto

Aureli Caamaño

Universidad de Barcelona. CESIRE-CDEC

aurelicaamano@gmail.com

Este artículo fue solicitado por ALAMBIQUE. DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS
EXPERIMENTALES en febrero de 2011 y aceptado en mayo de 2011 para
su publicación.