

La evolución de la enseñanza de la química en la educación secundaria (1970-2025): una perspectiva desde Cataluña

The evolution of Chemistry teaching in secondary education (1970-2025): a perspective from Catalonia

Aureli Caamaño Ros^{1*} y Fina Guitart Mas^{1,2,3}

¹ Societat Catalana de Química.

² Departament d'Educació i Formació Professional. Generalitat de Catalunya.

³ Facultat d'Educació. Universitat de Barcelona.

PALABRAS CLAVE:

Química en contexto
Currículum
Conceptos básicos
Modelización
Progresión de los modelos

RESUMEN:

En este artículo analizamos los cambios más significativos que han tenido lugar en la enseñanza de la química desde los años 70 hasta la actualidad, revisando la química experimental de los años 70, las investigaciones sobre las concepciones alternativas de los estudiantes y el constructivismo de los años 80, los cambios curriculares propiciados por la Reforma del sistema educativo de los años 90, el énfasis en la indagación, la modelización y la química en contexto en la década del 2000, y la reflexión sobre la estructura conceptual de la química y la modelización progresiva de la década del 2010 y de la primera mitad de la década de 2020.

KEYWORDS:

Chemistry in context
Curriculum
Basic concepts
Modeling
Model progression

ABSTRACT:

In this article we analyze the most significant changes that have taken place in chemistry teaching from the 1970s to the present, reviewing experimental chemistry in the 1970s, research on alternative student conceptions and constructivism in the 1980s, curricular changes brought about by the reform of the education system in the 1990s, the emphasis on inquiry, modeling, and chemistry in context in the 2000s, and reflection on the conceptual structure of chemistry and progressive modeling in the 2010s and the first years of 2020s.

Introducción

En los años 70 del siglo pasado, la educación secundaria estaba constituida por tres años de bachillerato (el BUP, Bachillerato Unificado Polivalente) y el COU (Curso de Orientación Universitaria), de acuerdo con la Ley General de Educación (LGE) de 1970. En aquellos años la editorial Reverté había traducido una serie de proyectos de ciencias americanos e ingleses que encontrábamos en la biblioteca de los Seminarios de Física y Química de los institutos cuando llegábamos a un centro. La influencia de proyectos de química como el CBA (*Chemical Bond Approach*) y el CHEM (*Chemical Education Material Study*) de los EUA y la Química Nuffield del Reino Unido provocó interés por enseñar una química basada en la indagación experimental. Estos fueron los inicios de un largo camino como profesores de secundaria a través de más de cinco décadas en los que la didáctica de la química fue evolucionando y consolidándose como disciplina científica, y cuyos aspectos más relevantes queremos plasmar en este artículo, en la línea del publicado en 2016 en esta revista, "Una aproximación a la historia de la enseñanza de la Química en España en niveles no universitarios".^[1]

La década de 1970: Una química conceptual y experimental. La Química Faraday: un proyecto que se inspira en la evolución histórica de los conceptos

Iniciaremos la historia con un proyecto de química que configuró la filosofía didáctica de un grupo de profesores catalanes que empezaron a ejercer como tales en los años 70.

La Química Faraday: un enfoque conceptual, experimental e histórico

En 1976 un grupo de profesores de física y química que se conocieron en la Escuela de Verano de Barcelona, se constituyó en un grupo de trabajo, que se denominó Grupo Recerca, e inició la elaboración de unidades didácticas para una enseñanza más experimental de la física y la química de 2º de BUP. El primer artículo del Grupo Recerca se escribió en 1978 en *Cuadernos de Pedagogía* y llevaba por título "Enseñanza activa de la física y química".^[2]

El grupo se escindió posteriormente en dos, un grupo que elaboró unidades de Física y otro de Química. Este último, que se denominó Grupo Recerca-Faraday, acabó elaborando un proyecto, la *Química Faraday*, que cubría los contenidos básicos de

la química de 2º y 3º de BUP. Contamos para ello con la ayuda del ICE de la UAB, que publicaba las unidades que íbamos elaborando, y del Centro Didáctico de Ciencias Experimentales del Colegio de Licenciados de Cataluña, del que formábamos parte como grupo de trabajo y donde nos reuníamos para trabajar.

El rasgo fundamental de la *Química Faraday* era dar primacía a la actividad experimental como punto de partida para la elaboración de los conocimientos, frente a la práctica habitual de su mera transmisión en el aula con alguna experiencia de laboratorio de carácter comprobatorio. Una segunda característica era una gestión del aula que favorecía la participación del alumnado mediante el trabajo y la discusión en grupo. Una tercera característica, que fue emergiendo a medida que el proyecto avanzaba, fue la elaboración de los conceptos y modelos químicos como respuesta a las cuestiones básicas que se habían ido planteando a lo largo del desarrollo histórico de la química. Esta premisa dio lugar a una secuenciación muy diferente a la tradicional, ya que, en lugar de iniciar la programación por la estructura electrónica de los átomos y el enlace químico, partíamos de la elaboración de modelos macroscópicos de las sustancias y la reacción química para ir introduciendo progresivamente modelos submicroscópicos cada vez más complejos, que culminaban en los modelos atómicos y de enlace de nivel electrónico.

El Centro Didáctico de Ciencias Experimentales del Colegio de Licenciados de Cataluña

Este centro constituyó durante varias décadas la sede de varios grupos de innovación didáctica en ciencias en Barcelona. Se fundó en 1976 y constaba de una biblioteca con un gran número de proyectos de ciencias extranjeros y una hemeroteca con revistas de didáctica de las ciencias, cuyo fondo fue ampliándose, hasta convertirse en la biblioteca especializada en didáctica de las ciencias más importante de Cataluña.^[3]

Los programas-guía del Seminario de Física y Química de Valencia

Los programas-guía para la enseñanza de la física y de la química elaborados por el Seminario de Física y Química de la Universidad de Valencia, coordinado por Daniel Gil y Carlos Furió, fueron otra obra de referencia en el campo de la innovación didáctica de esta década. De hecho, el concepto de programa-guía fue utilizado para estructurar el proyecto Física Faraday, que se desarrolló paralelamente a la *Química Faraday*.

La década de 1980: Investigación sobre las concepciones alternativas. El paradigma del cambio conceptual. Las primeras tesis en didáctica de la química

Un análisis de las tendencias sobre la enseñanza de las ciencias en esta década puede consultarse en el artículo "Tendencias actuales en el currículo de ciencias".^[4]

La investigación sobre las concepciones alternativas de los estudiantes

En los años 80 la investigación sobre las concepciones alternativas de los estudiantes determina la aparición de modelos de enseñanza constructivista que proponen partir de las ideas previas de los estudiantes para conseguir un cambio conceptual, mediante la presentación de situaciones conflictivas, la contrastación experimental de las hipótesis, la reestructuración de las ideas y la aplicación de estas a nuevas situaciones. El CLISP (*Children Learning in Science Project*, 1983-88), dirigido por Rosalind Driver, fue uno de los proyectos que supusieron el punto de arranque de esta nueva manera de enseñar ciencias basada en la visión constructivista de la enseñanza y aprendizaje de las

ciencias.^[5,6] En España, el libro *La ciencia de los alumnos* de Hiezzuelo y Montero (1989) recopiló el resultado de estas primeras investigaciones y aportó recomendaciones para la enseñanza de los conceptos de física y química.^[7]

Experimentación, difusión y publicación de la Química Faraday

La *Química Faraday* se desarrolló a lo largo de esta década mediante la elaboración y experimentación de una o dos unidades por año. El proyecto fue difundido a través de numerosos artículos, ponencias y sesiones de formación del profesorado por varias comunidades autónomas y tuvo una gran acogida por el profesorado interesado en la renovación didáctica de la química.^[8] El conjunto de unidades fue publicado en 1988 por la editorial Teide.^[9]

Creación de la revista Enseñanza de las Ciencias

El gran número de trabajos de innovación e investigación en la enseñanza de las ciencias que se llevaron a cabo en esta década condujo en 1983 a la creación de la primera revista española sobre investigación didáctica en ciencias y matemáticas, *Enseñanza de las Ciencias*, publicada por los ICE de la Universidad Autónoma de Barcelona y de la Universidad de Valencia, de la que Daniel Gil fue su primer director. En 1983 se publica el primer número de la revista, que se convertirá en el instrumento de comunicación más importante entre investigadores y profesores de ciencias de España e Iberoamérica. A partir de 1985 la revista organiza cada cuatro años un Congreso Internacional de investigación en la didáctica de las ciencias, que cuenta con una gran asistencia de profesores latinoamericanos.

Programa de elaboración de tesis en didáctica de las ciencias y de las matemáticas

En 1985 el Departamento de Educación de la Generalitat de Cataluña convoca un concurso para la concesión de becas para la elaboración de tesis en didáctica de las ciencias experimentales y las matemáticas, mediante un acuerdo con el *Centre for Science and Mathematics Education* de la Universidad de Londres, que posteriormente se integrará en el *King's College*. Este programa conducirá a la realización de las primeras tesis en didáctica de las ciencias en España, antes de la creación de los departamentos de didáctica de las ciencias en las universidades y los programas de doctorado que surgirán más tarde.

Creación del grupo de Didáctica e Historia de la Física y la Química de la RSEF y la RSEQ

En 1986 el profesor Salvador Senent crea el grupo especializado de Didáctica e Historia de la Física y la Química, común a las dos Reales Sociedades Españolas de Física y de Química. Actualmente presidido por el profesor Gabriel Pinto, este grupo ha venido organizando simposios de didáctica e historia de estas materias en las reuniones bienales de ambas sociedades. También publica un boletín, *Faraday. Boletín de Física y Química*, el cual toma el nombre del boletín homónimo fundado en 1928 por el profesor Modesto Bargalló, publicación pionera en España en el ámbito de la didáctica y la historia de la física y la química.^[10]

La revista mexicana Educación Química

En 1989 se crea la revista mexicana *Educación Química*. Fundada por Andoni Garritz y publicada por la Facultad de Química de la UNAM, se constituye en un excelente foro de intercambio de trabajos y propuestas didácticas de la comunidad iberoamericana de profesores de química e investigadores de didáctica de la química.

La década de 1990: Reforma del sistema educativo en España. Una eclosión de proyectos de ciencias constructivistas. La Química Salters

La Ley Orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE, 1990) establece la etapa de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO, 12-16 años) y un nuevo bachillerato de dos años (17-18 años). La extensión de la enseñanza obligatoria hasta los 16 años implica plantearse una "ciencia para todos" con mayor urgencia que antes de la Reforma. Se establece un área de Ciencias de la Naturaleza, que engloba las cuatro disciplinas científicas en el primer ciclo (12-14) de la ESO, y mantiene separadas la física y química de la biología y geología en el segundo ciclo (14-16). Se introduce una mayor optatividad en el currículum, para atender a la diversidad, y se potencia una ciencia en contexto.

La revista *Alambique*. Didáctica de las Ciencias Experimentales

En julio de 1994 se publica el primer número de la revista *Alambique*. Didáctica de las Ciencias Experimentales por la editorial Graó. La revista pronto se convierte en un referente en la presentación de propuestas y experiencias de innovación didáctica y en el análisis del currículum de ciencias de secundaria. Es destacable su uso frecuente en la formación inicial del profesorado de ciencias.

Una eclosión de proyectos de ciencias para la ESO

La década de los 90 es una etapa muy productiva en el ámbito curricular en nuestro país gracias a las ayudas que las administraciones educativas dieron para la elaboración de nuevos materiales que estuvieran en sintonía con las directrices pedagógicas de la reforma de la educación secundaria. Todos los proyectos de ciencias para la ESO que se desarrollan en España en esta década y la siguiente van a adscribirse de una u otra manera a la perspectiva constructivista. El número 1 de la revista *Alambique* del año 1994 recopila la presentación de los proyectos de ciencias elaborados para la ESO por grupos de diferentes Comunidades: Investigando nuestro mundo, proyecto Axarquía, proyecto ACES, proyecto Ciencia 12-16, proyecto Ceres, Investigando/comprendiendo la naturaleza 12/16, proyecto GAIA. La pluralidad de proyectos da idea de la consolidación de las nuevas ideas didácticas entre los profesores de secundaria de esta época. En Cataluña se elaboran dos proyectos, el proyecto *Ciències 12-16* y el proyecto GAIA,^[11] cuyos contenidos de química del segundo ciclo se inspiraron en el proyecto inglés *Chemistry.Nuffield-Coordinated Science*.

Proyectos de química en contexto extranjeros

A finales de la década anterior y principios de esta década en EUA y en Inglaterra se elaboran proyectos de química en contexto en los que se utilizan las aplicaciones de la química y las relaciones química-tecnología-sociedad como contenido estructurante de las unidades.^[12] Así, en EUA, se publica *Chemistry in the Community* (1988), conocido comúnmente como *ChemCom*, y *Chemistry in context. Applying chemistry to society* (1994), ambos para alumnos de primer año de universidad. Y en el Reino Unido, *Chemistry. Nuffield-Coordinated Science* (1989) y *Chemistry Salters Project* (1991), ambos para alumnos de 14-16 años. En 1994 el grupo de educación en ciencias de la Universidad de York publica *Salters Advanced Chemistry* para alumnos de bachillerato (17-18 años), que se convierte en el proyecto de referencia de química en contexto en Europa, siendo adaptado por varios países.

La adaptación de la Química Salters al bachillerato español

Los nuevos objetivos de la Química en el bachillerato requerían disponer de nuevos materiales que tuvieran en cuenta las relaciones entre la química, la sociedad y la química aplicada. Con este

objetivo, tres grupos de docentes de Madrid, Valencia y Cataluña trabajaron coordinadamente para adaptar y experimentar el proyecto *Salters Advanced Chemistry* entre 1995 y 2000.^[13,14]

Los materiales del proyecto inglés estaban formados por dos libros, *Chemical Storylines* (narraciones químicas) y *Chemical Ideas* (conceptos químicos), además de un dossier de Actividades prácticas. A causa del menor número de horas semanales del bachillerato español, en la *Química Salters* fue necesario reducir el número de unidades de trece a ocho: Elementos de la vida, Desarrollo de combustibles, De los minerales a los elementos, La revolución de los polímeros, La atmósfera, Aspectos de agricultura, La química del acero, Los océanos.

La calidad de las narraciones químicas y los trabajos prácticos relacionados con estas narraciones eran las grandes aportaciones de este proyecto. El mayor inconveniente era la fragmentación que se producía en el aprendizaje de los conceptos, que aparecían distribuidos a lo largo de diferentes unidades. Dos aspectos que conviene destacar es que los conceptos no se abordaban mediante procesos de modelización y que muchos trabajos prácticos carecían de una perspectiva de indagación.

Creación de ESERA y de APICE

En abril de 1995 se crea la *European Conference on Research in Science Education* (ESERA) en Leeds (Inglaterra). En 1998 se crea la Asociación Española de Profesores e investigadores de Didáctica de las Ciencias Experimentales (APICE), que organiza cada dos años unos Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales.

La revista brasileña *Química nova na Escola*

En 1995 se publica el primer número de la revista brasileña *Química Nova na Escola*, publicada por la Sociedad Brasileña de Química (SBQ), que será un referente, juntamente con la revista mexicana *Educación Química*, para la creación en el 2008 de *Educació Química EduQ*.^[15]

La década de 2000: Nuevas leyes de educación en España. Indagación y modelización. Nuevos proyectos de química en contexto en Europa. Nuevas revistas, seminarios y jornadas

La situación de los proyectos de ciencias para la ESO iniciados en la década anterior es analizada en 2006 en el artículo "Proyectos de ciencias, entre la necesidad y el olvido".^[16]

En 2001, el artículo "La enseñanza de la química en el inicio del nuevo siglo: una perspectiva desde España" da una visión general de la enseñanza de la química en España a principios del siglo XX.^[17]

En el 2000 se aprueba una nueva ley de educación, la Ley Orgánica de Calidad de la Educación (LOCE), que no llega a implementarse porque es reemplazada en 2006 por la Ley Orgánica de Educación (LOE). Sin embargo, dos decretos modifican las enseñanzas mínimas en la ESO y en el bachillerato, en los años 2000 y 2001, lo que implica un retroceso en la orientación del currículum de ciencias. El nuevo currículum de química en el bachillerato de la LOCE estaba lejos de ser una química en contexto,^[18] no será hasta el 2006, con la LOE, que se volverá a prescribir un currículum de ciencias contextualizado.

Los cambios curriculares que tuvieron lugar en esta década pueden seguirse a través de los monográficos que la revista *Alambique* dedicó al análisis de la reforma del currículum de ciencias.

La enseñanza de la química basada en la adquisición de la competencia científica

La Ley Orgánica de Educación (LOE) del 2006 promueve la introducción de las competencias básicas en el currículum y una ciencia más contextualizada.

En Cataluña, se establece en 2007 un currículum de química en el bachillerato que centra la competencia científica en las prácticas de indagación, modelización y argumentación, y que por primera vez propone contextos a través de los cuales abordar contenidos CTS.

En esta década se promueven los trabajos prácticos experimentales de tipo indagativo,^[19,20] la interpretación de las experiencias y los procesos de construcción de modelos químicos en el aula en interacción dialógica con los estudiantes.^[21]

Proyectos de química en contexto en Europa y América

El desarrollo de currículos y proyectos de química en contexto en muchos países de Europa es uno de los rasgos más significativos de esta década. Los currículos y proyectos de química en Inglaterra, Portugal, Francia y España fueron analizados por Caamaño en un artículo en un número especial de Educación Química,^[22] que recogió las ponencias de las IV Jornadas Internacionales para la enseñanza preuniversitaria y universitaria que tuvieron lugar en 2006 en Mérida (México). En esas mismas jornadas Onno de Jong presentó una ponencia sobre las condiciones necesarias para una enseñanza exitosa de la química basada en el contexto.^[23]

El mismo año la revista *International Journal of Science Education* dedicó un monográfico al tema Educación química basada en el contexto; en este monográfico Pilot y Bulte hacen un estudio comparativo de cinco proyectos de química en contexto de esta época;^[24] *Chemistry in context* en EUA, *Salters Advanced Chemistry* en el Reino Unido, *Industrial Chemistry* en Israel, *Chemie in Kontext* en Alemania y *Chemistry in Practice* en Holanda.

Los congresos de ECRICE

En el ámbito europeo muchos avances y nuevas propuestas de química son presentadas y debatidas en los congresos de ECRICE (*European Chemical Research in Chemical Education*), organizados por la División de Educación de la EuChemS (*European Chemical Society*).^[25]

Creación del Seminario Ibérico CTS para la enseñanza de las ciencias

En el año 2000 se organiza el I Seminario Ibérico CTS, que se celebra en la universidad de Aveiro (Portugal) con el tema "El movimiento CTS en la península ibérica". Este Seminario continuará realizándose cada dos años. Los siguientes tienen lugar en Valladolid, Aveiro y Málaga. En el 2008, en Aveiro pasa a denominarse Seminario Iberoamericano CTS. El I Seminario Iberoamericano CTS tiene lugar en 2010 en Brasilia, donde se crea la Asociación Iberoamericana-CTS. En estos Seminarios se presentan los proyectos de química en contexto que se elaboran en España y Latinoamérica.^[26]

Jornadas sobre la enseñanza de la Física y Química en secundaria

En 2003 se organizan las primeras Jornadas sobre la enseñanza de la Física y Química en secundaria en el Palau Macaya de Barcelona (sede provisional del Museo de la Ciencia), organizadas por el Colegio de Licenciados de Cataluña y la Fundación La Caixa, con un formato de dos ponencias y tres franjas de talleres prácticos. En 2005 se inicia el mismo tipo de Jornadas de enseñanza de la física y química en el CosmoCaixa de Alcobendas (Madrid) y más tarde en el Caixaforum, organizadas por el Consejo General de Colegios de Licenciados y la Fundación La Caixa. Estas Jornadas se han seguido realizando en Barcelona desde el 2003 hasta la actualidad. En Madrid la última tiene lugar en 2014.

Nuevas revistas: *Eureka*, *Ciències*, *Educació Química EduQ*, *Chemistry Education Research and Practice*

En enero de 2004 aparece la *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, publicada por la universidad de Cádiz, cuyo director es José María Oliva, y en abril de 2005, la UAB crea la revista digital *Ciències*.

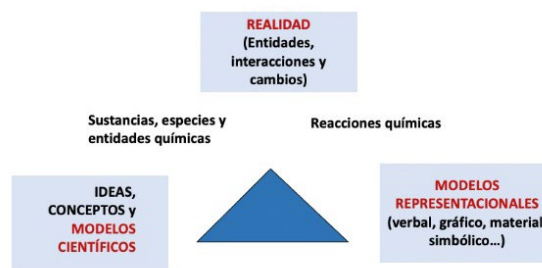
En junio de 2008 se publica el primer número de la revista *Educació Química EduQ*, de la Societat Catalana de Química (SCQ), siendo Fina Guitart y Aureli Caamaño sus editores. A partir de 2005, la revista *Anales de Química* de la Real Sociedad Española de Química (RSEQ) incrementa los artículos que publica sobre historia, divulgación y enseñanza de la Química. En el ámbito europeo la revista *Chemistry Education Research and Practice* se crea en el año 2000 y desde 2005 es publicada por la *Royal Society of Chemistry*.

La década del 2010. Estructura conceptual de la química. Grandes ideas. Progresión en el aprendizaje de los modelos. Formas de razonamiento

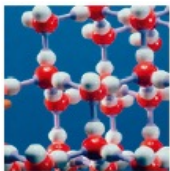
En 2013 se establece la Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE), lo que implica una revisión de los currículos. De esta década son destacables las reflexiones sobre la estructura conceptual de la química, el establecimiento de las ideas básicas que deben ser enseñadas, la progresión que debe existir en la elaboración de los modelos y el papel de las ideas previas.^[27] Además, se pone el énfasis en la enseñanza de la química en contexto, basada en la indagación y la modelización,^[28,29] en la comprensión de la naturaleza y las aplicaciones de la química, en el desarrollo de las habilidades de indagación y razonamiento científico,^[30] y en la capacidad de tomar decisiones informadas en cuestiones sociales y ambientales relacionadas con la química y la tecnología química. Por último, se potencia el desarrollo del pensamiento crítico,^[31] y se favorece el diálogo y la argumentación como estrategia para elaborar modelos,^[32,33] y reflexionar sobre problemas sociocientíficos.^[34] La publicación *Enseñar ciencia con ciencia* incide también en estos principios.^[35,36]

Estructura conceptual de la química

El análisis de la estructura conceptual de la química permite establecer la relación entre las entidades y procesos químicos reales, los conceptos y modelos que tratan de explicarlos, y las formas de representación (Esquema 1).^[37] Este esquema es conocido como el nuevo triplete de la química, que debe completarse con la consideración de los diferentes niveles de conceptualización y representación de los conceptos químicos: macroscópico, mesoscópico, molecular, atómico y electrónico (Esquema 2), que son de vital importancia en los procesos de modelización.^[37-39]



Esquema 1. Estructura conceptual de la química. El nuevo triplete de la química. Ref. [37].

Nivel	Representación del agua sólida y su estructura	Forma de representación
Macroscópico		Fotografía
Mesoscópico (multiatómico, multimolecular o multiiónico)		Diagrama multimolecular.
Molecular Atómico	 H ₂ O	Modelo molecular Fórmula molecular
Electrónico		Diagrama de Lewis Modelo molecular -electrónico

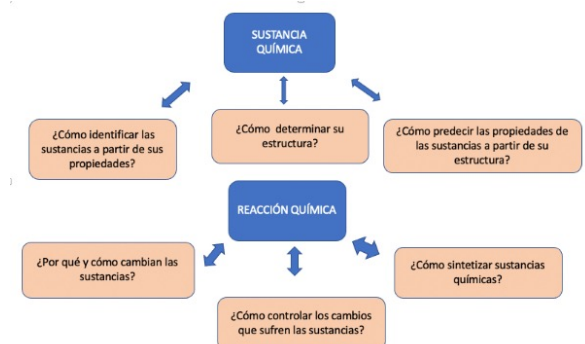
Esquema 2. Niveles descriptivos en química y formas de representación del agua sólida y su estructura molecular.

Grandes ideas de la química que estructuran el currículum

En esta década prosigue el debate sobre las grandes ideas de la química en que debe basarse el currículum. En 2016, Talanquer propone seis procesos organizativos del currículum de química:^[40] 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 (Esquema 3). Estas ideas están en la base de la estructura del proyecto *Chemical Thinking* desarrollado por V. Talanquer y J. Pollard en la Universidad de Arizona.^[41]

Caamaño aborda esta cuestión en un artículo sobre las grandes ideas y cuestiones clave del currículum de química en el monográfico número 100 de *Alambique*.^[42] En este artículo se hace referencia a las tres dimensiones de la química –la química como ciencia, los conceptos químicos y la química en el mundo– y se propone diseñar el currículum de química basándose en un conjunto de cuestiones clave (Tabla 1).

La mayoría de las ideas básicas en química giran alrededor de los conceptos de sustancia y reacción química, de las entidades



Esquema 3. Cuestiones clave y conceptos básicos en química. Ref. [40-42].

Tabla 1. Cuestiones clave y conceptos básicos en química. Ref. [42].

CUESTIONES CLAVE	PROCESOS E IDEAS BÁSICAS
Dimensión 1. La química como ciencia	
¿Cuál es la naturaleza de la química como ciencia? ¿Cómo indagamos y explicamos los fenómenos químicos?	Indagación y modelización.
Dimensión 2. Los conceptos y modelos básicos de la química	
¿De qué están hechos los materiales? ¿Cómo identificamos las sustancias?	Materiales, sustancias y mezclas.
¿Qué cambios puede sufrir una sustancia? ¿Cómo interpretamos una reacción química?	Reacción química.
¿Qué relación existe entre la estructura de las sustancias y sus propiedades?	Relación estructura-enlace-propiedades.
¿De dónde proviene la energía de las reacciones? ¿Cómo podemos predecir las reacciones que serán espontáneas?	Energía, entropía, espontaneidad y equilibrio.
¿Cómo ocurren las reacciones a nivel molecular? ¿Cómo podemos controlar su velocidad?	Velocidad y mecanismo de reacción.
¿Cómo podemos sintetizar sustancias naturales o nuevas sustancias?	Síntesis de sustancias.
Dimensión 3. La química en el mundo	
¿Cuál es la naturaleza de la química y las relaciones de la química con la sociedad y el medio ambiente?	Aplicaciones de la química. Química y sociedad. Química y desarrollo sostenible.

y procesos submicroscópicos asociados y de los procesos que utiliza la química como ciencia, y de la relación de la química con la sociedad. A partir de las cuestiones clave más generales pueden irse especificando otras más concretas que guíen el desarrollo de los procesos de indagación y modelización en el aula.

Progresión en el aprendizaje de los modelos

La elaboración progresiva de los modelos químicos a lo largo de los cursos implica plantearse una progresión que va del nivel macroscópico al submicroscópico, pasando por el nivel mesoscópico. La introducción del nivel electrónico requiere revisar entonces modelos anteriores. Son varios los autores que defienden esta secuenciación,^[43-46] que ya fue utilizada en el proyecto *Química Faraday*.

Desde 2015 la revista *Alambique* ha publicado monográficos sobre la enseñanza y aprendizaje de los conceptos y modelos químicos. Los cinco primeros se han recopilado en el libro *Enseñar Química. De las sustancias a la reacción química*.^[47] Los cinco últimos han abordado los siguientes temas: tipos de reacción química; energía, espontaneidad y el equilibrio; velocidad y mecanismo de reacción; reacciones redox y electroquímicas, y química orgánica.

La revista *Educació Química EduQ* también ha publicado monografías sobre sustancia química, reacción química, modelos atómicos, tabla periódica y enlace químico.^[48,49]

Todas estas monografías ofrecen itinerarios y actividades para elaborar de forma progresiva los conceptos y modelos básicos de la química.

El razonamiento de los estudiantes

Los razonamientos de los estudiantes constituyen otro campo de investigación especialmente fructífero, que ayuda a establecer propuestas de progresión de los aprendizajes más fundamentadas.^[50,51]

En EEUU, el proyecto *Chemistry, Life, the Universe, and Everything* (CLUE), coordinado por Melanie Cooper, se estructura a través de tres conceptos centrales (estructura, energía y propiedades) y pone el énfasis en las ideas previas y el razonamiento de los estudiantes y en la progresión de sus aprendizajes.

En Cataluña, el proyecto de ciencias *Competencias de pensamiento científico en la ESO* (2014) también se centra en

los procesos de modelización y en el razonamiento de los estudiantes.

La filosofía y la historia de la química en la enseñanza de la química

La atención prestada a la naturaleza de la química (cuestiones procedimentales y epistémicas), cuyo conocimiento es uno de los objetivos de la filosofía de la química, y el renovado interés por el uso de la historia de la química en la enseñanza de esta disciplina son aspectos destacables de esta década.^[52-54] J. A. Chamizo publica en 2018 el libro *Química General. Una aproximación histórica*, y en 2023, *Química General. Una aproximación histórica-filosófica* (UNAM, 2023).

Controversias históricas y cuestiones sociocientíficas

Las controversias científicas que han tenido lugar en la historia de la química son un recurso excelente para trabajar la argumentación y comprender la evolución de las ideas químicas a lo largo de la historia. La controversia entre la teoría del flogisto y la teoría de la oxidación de Lavoisier, o entre atomistas y equivalentistas son dos ejemplos de estas controversias.

Las cuestiones sociocientíficas son dilemas o controversias sociales que tienen en la base nociones científicas. Se utilizan con el objetivo de contextualizar la química y mejorar el interés hacia la química de los estudiantes.^[55]

El proyecto *Química en contexto*

En Cataluña, las adaptaciones iniciales de los proyectos Salters de Química, Física y Biología dan lugar a proyectos autóctonos *Química en contexto*,^[56,57] *Física en contexto* y *Biología en contexto*.

Integración de la modelización y el contexto

I. Marchán y N. Sanmartí han destacado la dificultad que puede suponer lograr una estructuración del currículum de química basada en el contexto sin desatender el orden de progresión que los procesos de modelización de los conceptos centrales de la química precisan.^[58] Su propuesta consiste en utilizar contextos diferentes para cada uno de los conceptos de un determinado ámbito conceptual e introducirlos de modo que no rompan la secuencia lógica de la progresión en el modelo.

Talanquer sugiere encontrar un equilibrio entre diferentes tipos de actividades y tareas que demandan la aplicación de conocimientos y formas de razonar en la disciplina,^[53] para identificar problemas de relevancia, diseñar o seleccionar soluciones potenciales, evaluar los beneficios, costes y riesgos de diferentes opciones y tomar decisiones justificadas.

Caamaño describe la forma en que se aborda esta cuestión en diferentes proyectos de química en el artículo "El necesario equilibrio entre las grandes ideas conceptuales y los contextos en el currículo de química".^[59]

La primera mitad de la década de 2020

En España, la década se inicia en el año 2020 con una nueva ley de educación, la Ley Orgánica por la que se Modifica la Ley Orgánica de Educación (LOMLOE). La nueva ley pone el énfasis en las situaciones de aprendizaje,^[60] que tanto pueden referirse a un punto de partida para abordar una secuencia didáctica como a una secuencia completa que se plantea en contexto y proponiendo un reto; y la estructuración del currículum se organiza en base a las competencias y los saberes (nuevo término para referirse a los contenidos conceptuales, procedimentales y epistémicos).

Los cinco años transcurridos de esta última década muestran una continuación de las líneas de investigación e innovación de

las décadas anteriores a la vez que se exploran nuevos campos (las nuevas tecnologías, la educación STEM, la inteligencia artificial...), algunos de los cuales se pueden inferir de los temas escogidos en los próximos congresos internacionales sobre la enseñanza de las ciencias y de la química. La conferencia ESERA 2025 tendrá lugar en Copenhague en agosto de 2025 bajo el lema "Transiciones en la educación científica: sostenibilidad y avances digitales". El 12º Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias tendrá lugar en Valencia en setiembre 2025 bajo el lema "Enseñanza de las ciencias y pensamiento crítico: desafíos y necesidades de la sociedad democrática". Y en setiembre de 2026 se celebrará en Turquía la 17 *European Conference on Research in Chemical Education* (ECRICE) bajo el lema "Educación Química en la edad de la inteligencia artificial".

En los últimos años se observa un interés por analizar históricamente la evolución de la enseñanza de la Química. En 2016, M. Martín Sánchez, Pinto y M.T. Martín Sánchez publican "Una aproximación a la historia de la enseñanza de la química en España en niveles no universitarios" en *Anales de Química*.^[1] En 2018, Caamaño publica "Enseñar química en contexto: Un recorrido por los proyectos de química en contexto desde la década de los 80 hasta la actualidad" en *Educación Química*,^[61] y en 2024, Moreno,^[62] publica "Del concepto al contexto: Tradición e innovación en la didáctica de la química(1950-2000)" en la misma revista.

A modo de conclusión

En este artículo hemos querido reflejar de forma sucinta cambios curriculares, tendencias didácticas, investigaciones, proyectos de innovación, revistas de didáctica de la química, instituciones, asociaciones, grupos de trabajo, y jornadas y congresos implicados en la mejora de la enseñanza de la química durante estas cinco últimas décadas, en las que hemos desarrollado nuestra carrera profesional.

El conocimiento de la evolución de los paradigmas didácticos que han guiado el desarrollo del currículo y la enseñanza de la química en el pasado es imprescindible para comprender la situación actual de la educación química.

Esperamos que esta breve revisión histórica y, en parte personal, haya creado el interés suficiente para profundizar en todo el conocimiento y experiencia desarrollados en estas décadas, que han sido tan importantes en la consolidación de la didáctica de la química como disciplina.

Bibliografía

- [1] M. Martín Sánchez, G. Pinto, M.T. Martín Sánchez, *An. Quím.* **2016**, 112(4), 231-241.
- [2] Grupo Recerca, *Cuad. Pedag.* **1978**, 9, 43-44.
- [3] A. Caamaño, J. Corominas, *Rev. Col·legi* **2024**, 149, 50-57.
- [4] A. Caamaño, *Ens. Cien.* **1988**, 6(3), 265-277, <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5103>.
- [5] R. Driver, *The pupil as a scientist*, Milton Keynes: Open University Press, **1983**.
- [6] R. Driver, E. Guesne, A. Tiberghien (eds.), *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*, Morata/MEC, Madrid, **1992**.
- [7] J. Hierrezuelo, A. Montero, *La ciencia de los alumnos. Su utilización en la didáctica de la física y química*, Laia, Madrid, **1989**.
- [8] Grupo Recerca-Faraday, en *Actas del Primer Congreso Internacional sobre investigación en la didáctica de las ciencias y de las matemáticas*, UAB, Barcelona, **1985**, pp. 69.
- [9] Grupo Recerca-Faraday, *Química Faraday: un enfoque conceptual, experimental e histórico*, Teide, Barcelona, **1988**.
- [10] L. Moreno, *Ens. Cien.* **2021**, 39(3), 215-230, <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3304>.

- [11] A. Caamaño, M.T. Correig, R., Grau, E. Guash, M.T. Lozano, C. Mayós, C. Parejo, X. Varela, *Alambique* **1994**, 1, 41-49.
- [12] A. Caamaño, *Alambique* **1994**, 1, 8-20.
- [13] Grupo Salters, *Cuad. Pedag.* **1999**, 281, 68-72.
- [14] A. Caamaño, M. A. Gómez Martínez, M. S. Gutiérrez Julián, R. Llopis, M. J. Martín-Díaz, en *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva de la ciencia-tecnología-sociedad* (Ed.: P. Membrela), Narcea, Madrid **2001**, pp. 179-192.
- [15] A. Caamaño, *Quím. Nov. Esc.* **2015**, 37(2), 127-132.
- [16] A. Caamaño, *Alambique* **2006**, 48, 10-24.
- [17] A. Caamaño, *Educ. Quím.*, **2001**, 12(1), 8-20, <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2001.1.66360>.
- [18] A. Caamaño, M. Izquierdo, *Alambique* **2003**, 36, 60-67.
- [19] A. Caamaño, J. Corominas, *Alambique* **2004**, 39, 52-63.
- [20] A. Caamaño, *Educ. Quím.* **2005**, 16(1), 10-19, <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2005.1.66132>.
- [21] M. Izquierdo, A. Caamaño, M. Quintanilla, *Investigar en la enseñanza de la química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar*, Universidad Autónoma de Barcelona, **2007**.
- [22] A. Caamaño, *Educ. Quím.* **2006**, 17[Extraord.], 195-208.
- [23] O. de Jong, *Educ. Quím.* **2006**, 17[Extraord.], 215-221, <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2006.4e.66010>.
- [24] A. Pilot, A.M.W. Bulte, *Int. Jour. Sci. Educ.* **2006**, 28(9), 1087-1112, <https://doi.org/10.1080/09500690600730737>.
- [25] F. Guitart, C. Bo, *EduQ* **2017**, 23, 4-8, <https://doi.org/10.2436/20.2003.02.168>.
- [26] I. P. Martins, A. Caamaño, A. Crispino, A. Vilches, *Bol. AIA-CTS*, **2020**, 12, 1-9.
- [27] V. Talanquer, *Alambique* **2011**, 69, 35-41.
- [28] A. Caamaño, *Alambique* **2011**, 69, 21-34.
- [29] A. Blanco, J. M. Oliva, *Bol. AIA-CTS* **2016**, 4, 23-37.
- [30] V. Talanquer, J. Pollard, *Chem. Educ. Res. Pract.* **2010**, 11, 74-83, <https://doi.org/10.1039/C005349J>.
- [31] J. Osborne, *Sch. Sci. Rev.* **2014**, 95(352), 53-61.
- [32] A. Caamaño, J. Corominas, *EduQ* **2020**, 27, 19-26.
- [33] V. Talanquer, *EduQ* **2014**, 17, 4-11, <https://doi.org/10.2436/20.2003.02.202>.
- [34] I. Elkis, M. Stuckey, *EduQ* **2017**, 23, 32-39, <https://doi.org/10.2436/20.2003.02.172>.
- [35] D. Couso, en *Enseñando ciencia con ciencias* (Eds.: D. Couso, M. R. Jiménez-Liso, C. Refojo, J.A. Sacristán), Fundación Lilly / FECYT / MEC, Madrid, **2020**.
- [36] M. P. Jiménez Aleixandre, en *Enseñando ciencia con ciencia* (Eds.: D. Couso, M. R. Jiménez-Liso, C. Refojo, J.A. Sacristán), Fundación Lilly / FECYT / MEC, Madrid, **2020**.
- [37] A. Caamaño, *Alambique* **2014**, 78, 7-20.
- [38] J. A. Chamizo, *Eureka Enseñ. Divul. Cien.* **2010**, 7(1), 26-41, https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2010.v7.i1.02.
- [39] K. Taber, *Chem. Educ. Res. Pract.* **2013**, 14(2), 156-168, <https://doi.org/10.1039/C3RP00012E>.
- [40] V. Talanquer, *J. Chem. Educ.* **2016**, 93(1), 3-8, <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00434>.
- [41] H. Sevan, V. Talanquer, *Chem. Educ. Res. Pract.* **2014**, 15(1), 10-23, <https://doi.org/10.1039/C3RP00111C>.
- [42] A. Caamaño, *Alambique* **2020**, 100, 23-32.
- [43] V. Talanquer, *EduQ* **2020**, 27, 4-11.
- [44] A. Caamaño, *EduQ* **2021**, 28, 12-20, <https://doi.org/10.2436/20.2003.02.209>.
- [45] J. P. Johnson, *EduQ* **2021**, 28, 4-1, <https://doi.org/10.2436/20.2003.02.208>.
- [46] A. Caamaño, *Alambique* **2019**, 97, 8-18.
- [47] A. Caamaño (coord.), *Enseñar Química. De las sustancias a la reacción química*, Graó, Barcelona, **2020**.
- [48] J. Aliberas, M. Izquierdo, J. Guitart, *EduQ* **2014**, 19, 4-9, <https://doi.org/10.2436/20.2003.02.137>.
- [49] A. Caamaño, F. Guitart, P. Grapí, *EduQ* **2019**, 25, 39-50.
- [50] V. Talanquer, *EduQ* **2021**, 28, 21-27, <https://doi.org/10.2436/20.2003.02.210>.
- [51] V. Talanquer, *EduQ* **2023**, 32, 13-20, <https://doi.org/10.2436/20.2003.02.247>.
- [52] A. Caamaño, J. A. Chamizo, P. Grapí, *EduQ* **2021**, 29, 4-6, <https://doi.org/10.2436/20.2003.02.218>.
- [53] V. Talanquer, *EduQ* **2021**, 29, 7-11.
- [54] M. Izquierdo, *EduQ* **2021**, 29, 19-27.
- [55] R. Montserrat, R., J. Cantó, J. Solbes, *EduQ* **2023**, 31, 4-9.
- [56] F. Guitart, J. Corominas, A. Caamaño et al., en *Actes IV Jornades sobre l'ensenyament de la Física i Química* (Eds.: F. Guitart, A. Caamaño), Societat Catalana de Química, Barcelona, **2011**, pp. 131-134.
- [57] F. Guitart, J. Corominas, *Book of Abstracts, European Conference on Research in Chemical Education (ECRICE)*, **2016**, p. 117.
- [58] I. Marchán, N. Sanmartí, *EduQ* **2015**, 20, 4-12, <https://doi.org/10.2436/20.2003.02.146>.
- [59] A. Caamaño, A., *Bol. AIA-CTS*, **2020**, 13, 9-16.
- [60] V. López, A. Caamaño, *Alambique* **2024**, 117, 8-17.
- [61] A. Caamaño, *Educ. Quím.* **2018**, 29(1), 21-54, <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.63686>.
- [62] I. Moreno, *Educ. Quím.* **2024**, 35(Num. Especial), 56-67, <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2024.4.88488e>.



Aureli Caamaño Ros

Societat Catalana de Química

E-mail: aureliacaamano@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9668-5168

Ingeniero químico por el IQS, doctor en Química por la Universidad de Barcelona y graduado en Humanidades por la UPF. Catedrático de educación secundaria de Física y Química, y coordinador y profesor del Curso de Aptitud Pedagógica y del Máster de formación del profesorado de Física y Química de la UB. Ha participado en el desarrollo de diferentes proyectos de ciencias y en actividades de formación del profesorado en España y Latinoamérica. Es autor de libros de texto, de varias monografías y de más de 140 artículos sobre la enseñanza de las ciencias y de la química. Codirector de *Alambique* y *Educació Química EduQ*.



Fina Guitart Mas

SCQ. Departament d'Educació i Formació Professional. Generalitat de Catalunya. Facultat d'Educació. UB

E-mail: jguitar3@xtec.cat

ORCID: 0000-0002-0170-9068

Doctora en Química por la Universidad de Barcelona. Catedrática de enseñanza secundaria de Física y Química. Profesora asociada de la Facultad de Educación de la UB. Dedicada en las últimas décadas a la formación permanente del profesorado, y a la formación inicial en el máster de profesorado de FQ. Ha participado en proyectos europeos, relacionados con la enseñanza de la química basada en el contexto, el trabajo experimental, y el aprovechamiento didáctico del uso de sensores y la impresión 3D. Es autora de libros de texto, de artículos y comunicaciones en congresos de didáctica de ámbito nacional e internacional. Co-editora de *Educació Química EduQ*.