

Del concepto al contexto. Tradición e innovación en la didáctica de la química (1950-2000)

From concept to context. Tradition and innovation in the didactics of chemistry (1950-2000)

Luis Moreno Martínez¹

Resumen

El presente trabajo analiza la historia de la didáctica de la química en la segunda mitad del siglo XX a través del estudio de cuatro proyectos de innovación en educación química de notable notoriedad internacional: **Sistemas Químicos**, **Química, un enfoque moderno**; **El químico en acción** y **Química en la Comunidad**. Los cuatro proyectos dieron lugar a varias obras traducidas al español gracias a la labor de docentes y editoriales de Hispanoamérica. A partir del análisis diacrónico de estas obras se profundiza en las innovaciones en el desarrollo histórico de la didáctica de la química, con especial atención a los vínculos entre ciencia, tecnología y sociedad, así como en las diferentes concepciones del papel de la educación química preuniversitaria.

Palabras clave: educación secundaria; didáctica de la química; historia de la química; libros de texto; innovación educativa, CTS.

Abstract

This paper deals with the history of the didactics of chemistry in the second half of the twentieth century through the study of four international and innovative projects on chemistry education: **The Chemical Bond Approach Project**, **Chemistry. A modern approach**, **The "Chemist in action" Project** and the **ChemCom Project**. These projects gave rise to several books translated into Spanish by a wide range of teachers and publishers from Spain and Latin America. Starting from the diachronic analysis of these books, this paper focuses on innovation in the history of the didactics of chemistry, attending to the relations between science, technology and society. Thus, this paper offers several results on the role of pre-university chemistry education.

Keywords: secondary education; chemistry didactics; history of chemistry; textbooks; educational innovation; STS.

CÓMO CITAR:

Moreno Martínez, L. (2024, septiembre). Del concepto al contexto. Tradición e innovación en la didáctica de la química (1950-2000). *Educación Química*, 35(Número especial). <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2024.4.88488e>

¹ IES Enrique Tierno Galván de Parla, Comunidad de Madrid, España. Grupo Especializado de Didáctica e Historia de las Reales Sociedades Españolas de Física y Química.

Introducción

El presente trabajo se inscribe en un terreno híbrido entre investigación educativa e investigación histórica para la enseñanza de la química. A través del análisis de cuatro proyectos de educación química del periodo 1950-2000, se pretenden tres objetivos: categorizar y describir las innovaciones experimentadas por la didáctica de la química en dicho periodo, identificar la finalidad del aprendizaje de la química en niveles preuniversitarios que introducen las distintas innovaciones y analizar las implicaciones de estas innovaciones en la conformación disciplinar actual de la didáctica de la química. Estos proyectos, que aparecen en la Figura 1, son: *Sistemas Químicos*, *Química, un enfoque moderno*; *El químico en acción (Química Avanzada Nuffield)* y *Química en la Comunidad (Proyecto QuimCom)*.

FIGURA 1. Traducciones al español de los proyectos educativos de química analizados.



Los cuatro proyectos seleccionados para el análisis constituyen fuentes históricas de gran interés y representatividad por cuatro motivos. En primer lugar, por su marcado carácter transnacional, al corresponder a proyectos impulsados por instituciones destacadas y/o químicos sobresalientes que fueron traducidos al español por editoriales de relevante notoriedad en el ámbito hispanohablante como Reverté y Pearson. En segundo lugar, por ser proyectos editoriales resultado de la colectividad, ya que implicaron la participación de varios docentes en calidad de autores y traductores del inglés al español. En tercer lugar, por ser proyectos inscritos en contextos históricos diferentes pero contiguos, lo que permite ofrecer una visión panorámica del periodo 1950-2000. Finalmente, cabe destacar que se trata de proyectos no inscritos en un determinado curso o nivel propio de un sistema educativo nacional específico, lo que permitió su circulación por diferentes contextos pedagógicos y su uso por públicos diferentes, desde el profesorado de enseñanzas medias al profesorado de primeros cursos universitarios.

El análisis realizado desde el marco teórico y metodológico que se aborda a continuación permitirá reflexionar críticamente en torno a una cuádruple pregunta: ¿Cómo y por qué enseñar química, qué ha cambiado y por qué importa?

La mirada diacrónica a la didáctica de las ciencias: una perspectiva consolidada

¿Cómo enseñamos ciencia, qué ha cambiado y por qué importa? Esta pregunta da nombre a una de las obras de John L. Rudolph, autor destacado en el ámbito de la investigación en historia de la educación científica (Rudolph, 2019). Entre las respuestas que aportó

cabe destacar que la forma en que se ha enseñado la ciencia a lo largo del siglo XX estuvo condicionada por múltiples factores intelectuales y por el contexto sociopolítico, conviviendo modelos de educación científica diversos que incluyen desde el aprendizaje eminentemente práctico y local de la ciencia a partir del entorno inmediato del alumnado a una enseñanza de las ciencias más acorde a la estructura de las disciplinas científicas académicas y a un método científico universal (Rudolph, 2019). En trabajos más recientes, ahora bajo el interrogante «¿Por qué enseñamos ciencia y por qué debemos hacerlo?», Rudolph ha señalado cómo la educación científica del siglo XX ha obedecido a diferentes objetivos que se pueden agrupar en cuatro: la promoción de la ciencia como parte de la cultura, la importancia de aprender ciencias para desarrollar el pensamiento crítico, mostrar la utilidad de la ciencia a nivel individual y social; y la relevancia de la ciencia para la formación de ciudadanos en las sociedades democráticas (Rudolph, 2023).

Más allá de su valor historiográfico a fin de contextualizar el análisis de los proyectos educativos de química que pretende este artículo, los trabajos de Rudolph también son de especial interés desde el punto de vista metodológico. La mirada diacrónica a la educación científica exigiría así la categorización de las innovaciones que se deseen analizar desde el correspondiente contexto científico, pedagógico y social (evitando así presentismos y anacronismos), la identificación de la finalidad subyacente tras los cambios introducidos y su discusión en diálogo con el contexto presente (permitiendo así la reflexión epistemológica en el marco de la actual didáctica de las ciencias). Se trata de un enfoque no transitado para el análisis de los cuatro proyectos educativos de química presentados.

La apuesta de Rudolph por la mirada diacrónica a cuestiones de la enseñanza de las ciencias ilustra la utilidad que el análisis histórico presenta para la epistemología y la didáctica de las ciencias. Su obra pone de manifiesto el interés académico en profundizar en el estudio del desarrollo histórico de la educación científica. Como se aborda a continuación, ambos aspectos entroncan con la literatura académica proporcionada por dos disciplinas académicas con epistemologías y metodologías no siempre afines: la historia de la ciencia y la educación química (Garritz, 2005a).

Si bien con particularidades propias de cada contexto nacional, a lo largo de la segunda mitad del siglo XX la didáctica de las ciencias experimentales consolidó progresivamente su carácter disciplinar a nivel internacional, conformándose como una disciplina autónoma con su propio corpus teórico, lenguaje especializado, problemas definidos y utillaje metodológico al término del pasado siglo (Aduriz Bravo, 2000). No obstante, su consolidación como disciplina académica es notablemente posterior a la de las disciplinas científicas de cuya enseñanza-aprendizaje se ocupa, entre las que se encuentra la química. Así, al igual que desde la investigación en historia de la ciencia se ha mostrado que las primeras narrativas históricas sobre ciencia solían presentar un carácter netamente teleológico e internalista que fue superado por el trabajo de los historiadores de la ciencia; la historia de la didáctica de las ciencias se revela aun como un territorio fértil y con rincones inhóspito para didactas e historiadores de las ciencias (Moreno Martínez, 2021). Desde que Katheryn Olesko señalase que si bien la historia de la ciencia ha profundizado en cómo los científicos investigan, se sabe mucho menos sobre cómo enseñan (Olesko, 1991); la enseñanza de las ciencias se ha trasladado paulatinamente de la periferia al centro de los estudios históricos y sociales sobre ciencia (Bertomeu Sánchez, 2016). Por ello no sorprende que se haya afirmado que «no parece que la historia de la ciencia pueda prescindir de la historia de la educación científica» (Nieto Galan, 2011, p. 203).

La mirada diacrónica a los proyectos educativos de química que se aborda en el presente trabajo se inscribe en este terreno fronterizo entre epistemología, didáctica e historia de las ciencias para el caso de la química en la segunda mitad del siglo XX. En consonancia con los postulados propios de la investigación histórico-educativa, los cambios experimentados por la química en contextos educativos no pueden entenderse únicamente como el resultado de los avances de las ciencias y tecnologías químicas. Aunque relevantes, también se deben considerar aspectos sociopolíticos y pedagógicos, los cuales desempeñaron un papel relevante en la conformación de la química que debía ser enseñada y aprendida, así como en su imagen pública (Chamizo, 2011). Todos estos aspectos son rastreables en los proyectos educativos que protagonizan este trabajo.

El contexto en el que se inscriben estos y otros proyectos de educación química ha sido ampliamente estudiado por diversos autores (Caamaño, 2018; Chamizo y Pérez, 2017; Garritz, 2005b). Sus investigaciones han apuntado la importancia que tuvo Estados Unidos en la reforma de la enseñanza de las ciencias (incluyendo la química) en la segunda mitad del siglo XX tras el impacto del lanzamiento soviético del Sputnik en 1957. Desde entonces se sucedieron, no sin tensiones y periodos de convivencia, diferentes enfoques a través de proyectos impulsados por instituciones académicas y grupos de docentes. Pese a su relevancia y visibilidad, no se ha de desatender que en muchas ocasiones estos proyectos contaron con el recelo e inacción de la comunidad educativa, siendo los enfoques con mayor consenso aquellos que circularon de forma más eficaz del plano normativo a la acción de aula (Romero, 2006).

De forma panorámica, en las décadas de 1950 y 1960 se apostó por una didáctica de la química promotora de la experimentación en el laboratorio y con una especial atención a la selección y secuenciación de los conceptos estructurantes de la química. La década de 1970 fue testigo de una tendencia a una didáctica de la química más centrada en hacer esta ciencia más asequible al alumnado, simplificando los proyectos de décadas anteriores. La consolidación del constructivismo piagetiano y el enfoque CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) protagonizaron la didáctica de la química de la década de 1980 (Caamaño, 2018). En esta década cobró especial protagonismo la necesidad de un currículo de ciencias con significado social y vital para el alumnado, fomentando su empoderamiento a través de la ciencia y abogando por una “ciencia para todos” que remarcase la utilidad de las materias científicas escolares (Garritz, 2005b). Estos enfoques, consolidados en la década de 1990, pasaron a ser parte integrante y definitoria del corpus disciplinar de la didáctica de las ciencias experimentales (Aduriz Bravo, 2000).

Especial mención merece el denominado enfoque CTS. Se trata de una aproximación metodológica en la didáctica de las ciencias que introduce valores explícitos sobre la ciencia, tales como su pertinencia para una vida adulta activa (aun cuando no se cursen carreras profesionales científico-técnicas) y su carácter utilitario para la resolución de problemas (Chamizo y Pérez, 2017). Este enfoque también es ampliamente identificable en la educación química (Garritz, 2005b; Romero, 2006), caracterizándose en su sentido más amplio por conectar los saberes químicos curriculares con cuestiones ciudadanas y por enfatizar el papel de la química en la industria tanto desde el punto de vista técnico como medioambiental, ético o económico más allá del laboratorio y de una concepción algorítmica e idealizada del método científico. El enfoque CTS promueve así un currículo de química que transita del concepto al contexto.

Desde el marco analítico, metodológico e historiográfico esbozado en las líneas anteriores, se recogen a continuación los resultados del análisis de los proyectos educativos de química seleccionados.

Innovar con los conceptos: Sistemas Químicos

«En 1959 un grupo de nueve profesores de Química de centros superiores y otros nueve de enseñanza media prepararon el *Chemical Bond Approach Project*. Durante el verano de 1959 dispusieron el manuscrito en un curso de Introducción a la Química. Miembros de este grupo y otros profesores prosiguieron la tarea, evaluando y revisando el manuscrito. El trabajo culminó con la publicación de la obra *Sistemas Químicos*. El ensayo y la revisión de este estudio ha sido financiado por la National Science Foundation» (Bereit et al., 1966, p. I).

Tras una relación alfabética de elementos químicos con algunos datos de interés, las líneas anteriores son las primeras que aparecen ante el lector de *Sistemas químicos*, obra impulsada por la National Science Foundation norteamericana y publicada por la editorial Reverté en dos volúmenes, que contó con la participación de dieciocho autores y de cuya traducción al español se encargaron dos docentes españoles: José Masaguer, catedrático de Química Inorgánica de la Universidad de Santiago de Compostela, y Cándida Uriel, profesora de Química del Instituto Juan Alcover de Palma. Tal y como consta en el prólogo, la obra contó con la revisión y análisis crítico previo de destacados científicos procedentes de renombradas instituciones académicas, como la Universidad de Chicago, la Universidad de Oxford, la Universidad de Harvard o el Instituto Tecnológico de Massachusetts, entre otras (Bereit et al., 1966, p. IX).

Estructurada en cinco partes, como se detalla en la Figura 2, *Sistemas Químicos* nació como una introducción a la química centrada en que el alumnado relacionase activamente los conceptos básicos de esta ciencia (las «ideas imaginativas» de la química) y los hechos experimentales, formando así «un conjunto lógico y comprensible» para el estudiante (Bereit et al., 1966, p. VII). La innovación introducida por *Sistemas Químicos* consistió en centrar la didáctica de la química en torno a la reacción química, tanto a nivel conceptual como experimental. Si bien este último aspecto se abordó en una obra complementaria (*Investigación de Sistemas Químicos*), la elección de la reacción química como eje del aprendizaje introductorio de la química implicó la toma de una serie de decisiones sobre la presentación, la selección y la secuenciación de los saberes químicos escolares.

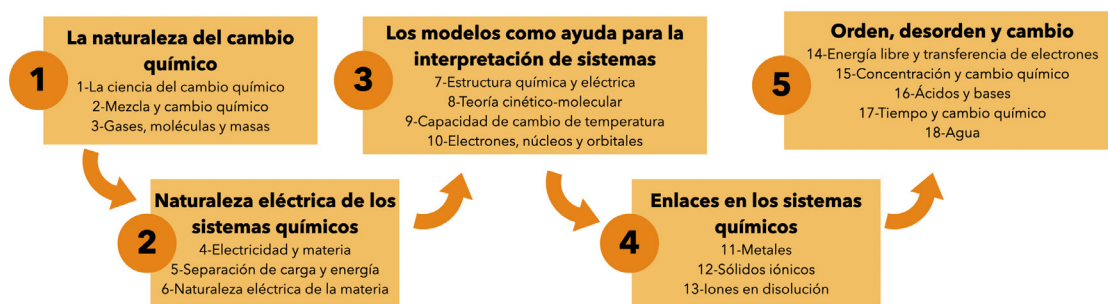


FIGURA 2. Organización del manual del proyecto *Sistemas químicos*.

Sistemas Químicos presenta los distintos saberes químicos escolares ofreciendo abundante información experimental a través de ilustraciones de montajes de laboratorio, gráficas y tablas con datos empíricos que permiten introducir los conceptos, leyes y modelos pertinentes en cada caso.

Los saberes escolares seleccionados se inician con el estudio de los sistemas químicos, su composición y la diferencia respecto a los fenómenos físicos (como cambios de estado o formación de mezclas). Posteriormente, se modelizan las interacciones entre átomos, para abordar sus implicaciones eléctricas, nucleares, en las propiedades de las sustancias, en la velocidad de las reacciones y en la energía implicada. Se trata de una forma de presentar los saberes químicos escolares diferenciada de los hasta entonces habituales manuales de química general en los que la descripción de elementos y sus compuestos solía tener un protagonismo destacado. Estas innovaciones promovieron el aprendizaje de la química a fin de que el alumnado asimilase los conceptos básicos de una ciencia modernizada, pues tal y como se señala en la obra:

«Existen muchos libros de introducción a la Química. ¿Por qué uno más? Muchos profesores sienten la necesidad de un libro que presente las reacciones químicas a la luz de los conceptos modernos. Un libro que satisfaga esta necesidad debe tener una organización totalmente nueva. *Sistemas químicos* es el primer intento esmerado de mostrar la interrelación de conceptos y hechos químicos» (Bereit et al., 1966, p. VIII).

Innovar con la actualización: Química, un enfoque moderno

«En los últimos años dos grupos de investigadores, entre los que se cuentan profesores de química tanto del nivel de estudios preparatorios y secundarios como del nivel universitario, han examinado el primer curso tradicional de estudio de la química con el objeto de revisarlo y hacer que refleje las condiciones cambiantes en la pedagogía, en la química misma y en los objetivos de este primer curso de química. Los resultados que obtuvieron (...) han tratado de contestar a dos preguntas fundamentales: ¿Qué deberá ser enseñado en un primer curso de química? Y ¿cómo se va a enseñar?» (Hogg et al., 1970).

La idea de la química como una ciencia modernizada exigía una nueva revitalización del currículo, no exclusiva de *Sistemas Químicos*. El proyecto *Química, un enfoque moderno*, traducción española de *Chemistry, a modern approach* realizada por el ingeniero químico José Giral, también comparte este mismo sentir. No sorprende por tanto que entre sus impulsores se encontrase uno de los autores implicados en *Sistemas Químicos*: Harold Wik, director del Departamento de Ciencias del Susent High School de Oregón.

No obstante, ambos proyectos presentan diferencias notables. Así, *Química, un enfoque moderno* aboga por innovar en la didáctica de la química a través de la actualización de los saberes escolares en base a las nuevas investigaciones procedentes de la disciplina, con especial atención a la mecánica cuántica. Al igual que *Sistemas Químicos*, se promueve la experimentación con un manual de laboratorio que acompaña al texto. No obstante, *Química, un enfoque moderno* ofrece una secuenciación y organización del currículo diferente. Los diez bloques que lo componen, recogidos en la Figura 3, obedecen a la estructuración propia del saber químico académico. Tras dos bloques introductorios se incorporan la química descriptiva, el estudio de los gases, el estudio del enlace químico, la

química orgánica, la química analítica, la química física, la química industrial y la química nuclear. Cabe subrayar que mientras que la química de las décadas de 1950-1970 experimentaba una importante actualización en el marco de la química analítica instrumental (Chamizo, 2017); la actualización del currículo químico escolar se centró en saberes ya consolidados en décadas anteriores (como el desarrollo de la teoría cuántica o los fundamentos de la química analítica), una clara muestra de los dilatados procesos de transposición didáctica de los saberes científicos expertos en saberes científicos escolares. La didáctica de la química contribuiría así a presentar al alumnado los saberes sólidos y consensuados propios de la ciencia normal kuhniana (van Barkel, 2000).

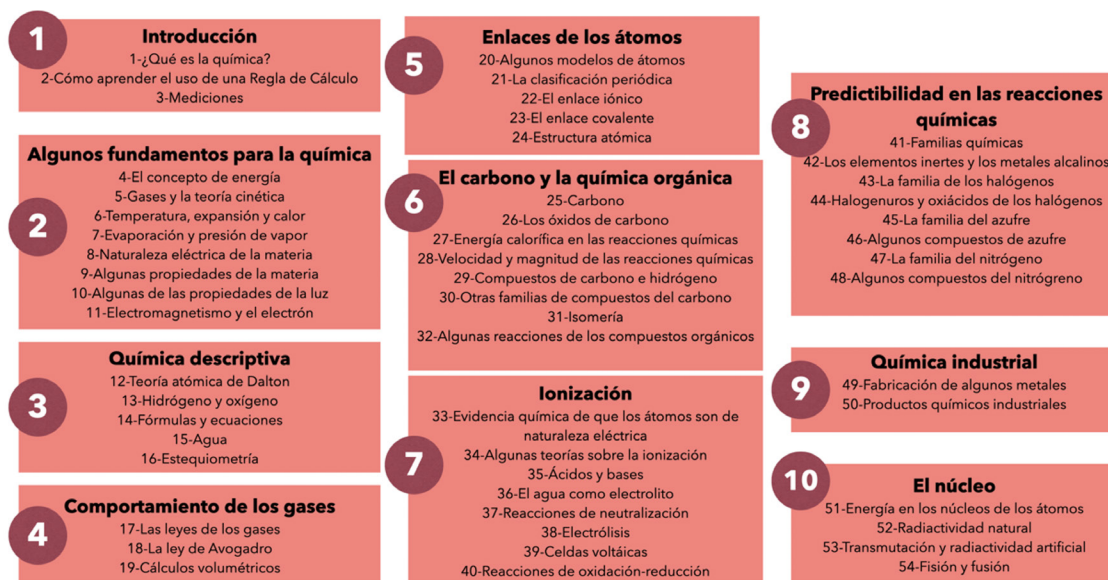


FIGURA 3. Organización del manual del proyecto *Química, un enfoque moderno*.

Innovar con la práctica: El químico en acción

«Los cursos avanzados son, a la vez, una difícil e interesante aventura. Se han proyectado para interesar a profesores y estudiantes de preuniversitario o de otras formas de educación en un intervalo análogo de edad. Se espera, además, que los profesores de universidades, politécnicos e institutos de educación, puedan encontrar ideas valiosas para su propio trabajo» (Coulson et al., 1975).

Si *Química, un enfoque moderno* estaba dirigido a alumnado que se inicia en el aprendizaje de la química, el proyecto *El químico en acción* se dirigía a estudios más avanzados, tanto de últimos cursos de enseñanzas preuniversitarias como de los primeros cursos universitarios. Se trata de un proyecto impulsado por la Fundación Nuffield, institución nacida en 1943 en Reino Unido comprometida con la mejora social a través de la educación que abogó por atraer a los mejores estudiantes hacia la ciencia (Chamizo y Pérez, 2017). Como se aprecia en la Figura 4, en el proyecto *El químico en acción* la presentación, selección y secuenciación de los saberes químicos escolares se realiza atendiendo a diferentes áreas de interés en la época para la profesión química, como la ingeniería química, la industria aeroespacial, la industria electrónica, la ciencia de materiales, los métodos analíticos, la química agrícola y la química médica. Cobra especial interés la presencia de cuestiones como las nuevas técnicas analíticas instrumentales (como la cromatografía de gases o los espectrofotómetros, entre otros) o la importancia de los compuestos de coordinación y

organometálicos para la catálisis. Se trata de aspectos destacados de la práctica química de la época (Chamizo, 2017). A diferencia de los cursos introductorios, como *Química, un enfoque moderno*, donde los saberes curriculares distaban de los saberes emergentes proporcionados por la investigación química, en el caso de este curso avanzado sí se aprecia una rápida transposición didáctica del saber experto en saber escolar.



FIGURA 4. Organización del manual del proyecto *El químico en acción*.

También merece especial mención la importancia otorgada a la química agrícola. En un contexto posterior a la publicación de *Primavera Silenciosa* por Rachel Carson, la mala imagen pública de la química requería la puesta en valor de sus contribuciones para la protección de cosechas. Si bien no se aborda el caso del DDT, sí se alude al diquat y paraquat y se afirma que la peligrosidad de algunos productos introducidos en los últimos veinte años no había sido convenientemente estudiada. Asimismo, es especialmente significativo que se dedique a la exploración aeroespacial uno de los capítulos, en el que se presenta el lanzamiento del Sputnik I de la URSS en 1957 como el suceso que «abrió un amplísimo campo de nuevas posibilidades técnicas» (Coulson et al., 1975, p. 25). Se trata de una clara muestra de la importancia que tuvo el lanzamiento del primer satélite artificial en la comunidad científico-técnica y en la innovación de los currículos de ciencias en general (Rudolph, 2019), y de química en particular (Caamaño, 2018; Chamizo y Pérez, 2017).

La innovación en la didáctica de la química que introduce *El químico en acción* se sustenta en la práctica química en contextos reales como eje para la selección de los aprendizajes. Se pretende así poner en valor la profesión química y subrayar su carácter utilitario para la industria y la actividad económica, aspectos ampliamente vinculables al enfoque CTS. Se fomenta así una imagen de la química como ciencia útil para el progreso de la sociedad más allá del laboratorio:

«El mundo en que vivimos sería más pobre si el estudio de la química se hubiese detenido al nivel del laboratorio, tanto en las universidades como en los laboratorios de investigación, y no hubiese sido extendido y aplicado para fines prácticos. Queda para usted el comprender el alcance de la química más allá del libro de texto y del laboratorio» (Coulson et al., 1975, p. IX).

Innovar con el contexto: Química en la Comunidad

«La *Química en la Comunidad (QuimCom)* representa un esfuerzo importante para acrecentar el conocimiento de la ciencia a través de un curso de química de bachillerato que haga resaltar el impacto de la química sobre la sociedad. Desarrollado por la American Chemical Society (ACS) con apoyo financiero de la National Science Foundation y de diversas fuentes de fondos de la ACS, equipos de profesores de bachillerato y universidad, auxiliados por químicos de la industria y del gobierno, se encargaron de escribir *QuimCom*» (Escalona, 1998).

El enfoque CTS eminentemente contextualizado en la práctica química por el que abogaba *El químico en acción* de la Fundación Nuffield se expande en el proyecto *QuimCom (Química en la comunidad)* de la American Chemical Society. Nacido en la última década del pasado siglo, este proyecto introdujo una notable innovación en la selección, secuenciación y presentación de los saberes químicos escolares. Así, a diferencia de los proyectos de décadas anteriores, no centró el currículo en los conceptos estructurantes para abordar la fenomenología de los cambios químicos (como *Sistemas Químicos*) y no se organizó atendiendo ni a la estructura de la ciencia académica (como *Química, un enfoque moderno*) ni a las áreas de interés en la práctica profesional (como *El químico en acción*). Por el contrario, hizo del contexto social el contexto pedagógico idóneo para el aprendizaje de la química, constituyen un exponente destacado del enfoque CTS para la didáctica de la química.

Tal y como puede apreciarse en la Figura 5, los saberes escolares se abordan en relación a ocho temáticas de relevancia social en la vida cotidiana del alumnado, desde recursos como el agua, el aire, los combustibles, los fármacos o los alimentos a fenómenos como los procesos nucleares, industriales y medioambientales.

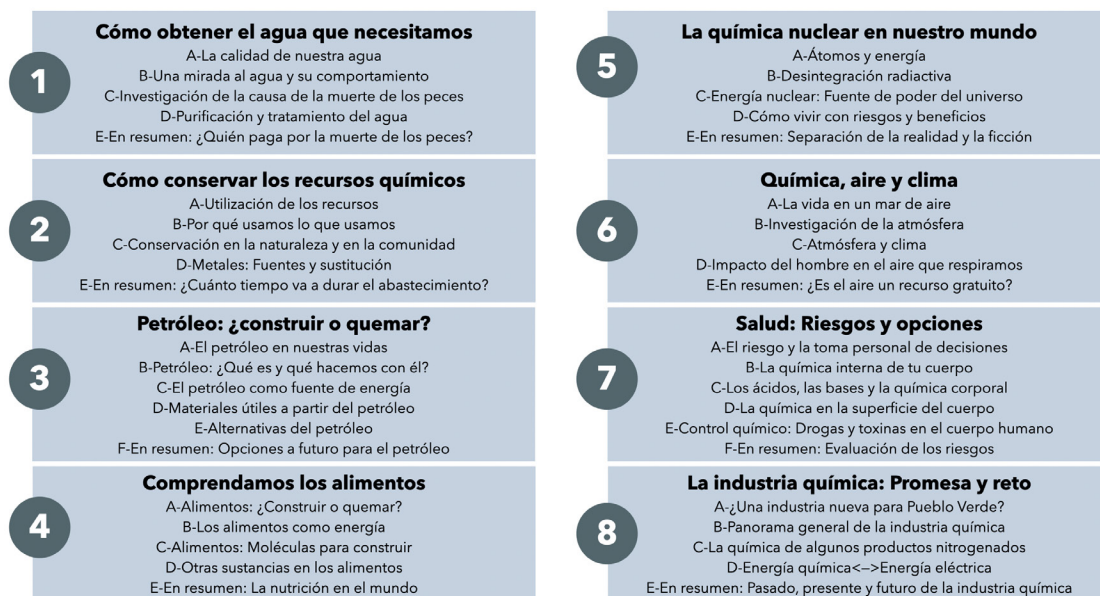


FIGURA 5. Organización del manual del proyecto *Química en la Comunidad*.

Esta innovación en la didáctica de la química trataría de promover así la importancia de esta ciencia para la tecnología y la sociedad, enfatizando la importancia de reforzar las relaciones entre ellas desde la educación ciudadana. Tal y como el propio manual señala:

«Los Estados Unidos de América son un líder mundial en ciencia, tecnología y en la educación de científicos e ingenieros. No obstante, en términos generales, sus ciudadanos conocen poco de ciencia. Como respuesta a esta situación, sus gobernantes, junto con muchos grupos profesionales, han asignado una alta prioridad a la difusión de la ciencia en ese país» (Escalona, 1998, p. XI).

QuimCom aboga así por una didáctica de la química como estrategia para lograr una formación científica ciudadana y atraer el interés de los jóvenes estudiantes. Este hecho entronca con la crisis social que experimentó la enseñanza de las ciencias hacia finales de la década de 1980, que en el contexto norteamericano se había materializado en un descenso del número de alumnado y profesorado de ciencias (Matthews, 1988). Ante esta situación, se apuntó que la humanización de la ciencia y su acercamiento a los intereses personales ayudaría a una mejor comprensión de los contenidos científicos y a una mejora de la formación del profesorado de ciencias (Matthews, 1994). Este enfoque es precisamente el que subyace en el proyecto *QuimCom* para la didáctica de la química.

¿Cómo y por qué enseñar química, qué ha cambiado y por qué importa?

El análisis de los proyectos educativos de química abordado en las páginas anteriores ha ilustrado cómo las innovaciones introducidas en la didáctica de la química durante la segunda mitad del siglo XX abogaron por miradas diferenciadas a la educación química: la importancia de los conceptos que permiten explicar la fenomenología de la reacción química, la relevancia de trasladar la estructura disciplinar de la química a contextos preuniversitarios, la pertinencia de vincular el currículo con la práctica propia de la profesión química y la necesidad de mostrar el impacto de la química en la sociedad. Tras estos diferentes enfoques, más o menos antagónicos entre sí, son rastreables intencionalidades de diversa índole, desde el interés por una mejor comprensión de los conceptos, leyes y modelos de la química para el ejercicio de una ciudadanía activa a la legitimación de la química como un área de saber relevante para la industria y la sociedad.

Precisamente, el enfoque CTS se erige como un elemento central en la innovación educativa en química en la segunda mitad del siglo pasado. Si bien es en el último tercio de siglo cuando cobra un mayor protagonismo en la articulación del currículo escolar, la imbricación entre la química, sus tecnologías derivadas y su impacto social hunde sus raíces en los diferentes proyectos de química incluso de periodos anteriores al marco estudiado (Moreno Martínez, 2022). Se trata de un claro reflejo de cómo el currículo escolar es moldeado por el conocimiento considerado como cultura en cada periodo, los intereses de las disciplinas académicas para su legitimación académica y social (de la que depende su propia existencia y desarrollo) y las necesidades técnicas de los países para su propio futuro. El currículo de química, ciencia ampliamente consolidada en el siglo XX, con una notoriedad sobresaliente en la industria y un marcado impacto social, no es ajeno a ninguno de estos aspectos.

El análisis realizado muestra cómo el aprendizaje de la química en etapas preuniversitarias ha sido concebido desde diferentes miradas, rivalizando dos posturas claras: la concepción de la química en enseñanza secundaria como una oportunidad para la formación científica ciudadana y su concepción como un periodo preparatorio para estudios científicos y trayectorias profesionales posteriores. Esta tensión entre democratización del conocimiento científico e instrucción especializada en ciencias articuló una profunda reflexión que, en confluencia con el desarrollo propio de la pedagogía y la psicología de

la educación, contribuyó al andamiaje de la didáctica de la química como área del saber en un territorio mestizo entre la disciplina académica y la disciplina escolar. El contexto social y científico-técnico resultó un factor destacado en la selección, la secuenciación y la presentación de los saberes que debían conformar la química que debía ser enseñada y aprendida, tal y como muestran los proyectos analizados. Los mismos también muestran cómo la experimentación, la mirada educativa al contexto o el estudio de problemas sociales han sido promotores de la innovación en la didáctica de la química, pese a su diferente articulación con la selección y secuenciación de los contenidos.

La tensión entre formar en química para una ciudadanía activa y prepararla para estudios posteriores es rastreable en nuestro contexto educativo actual. También lo es la dilatada distancia entre el saber científico experto y el saber científico escolar en los cursos introductorios, pero no tanto en los cursos más avanzados. Por otro lado, la apuesta por la importancia del enfoque CTS para un aprendizaje contextualizado de la química es una aproximación ampliamente avalada por la literatura académica en el seno de la didáctica de la química. Asimismo, la reflexión sobre los conceptos relevantes para el estudio del cambio químico, la selección de modelos y su empleo para la interpretación de datos y hechos experimentales o la experimentación constituyen leitmotivos de la educación química contemporánea. Todos estos aspectos que forman parte de nuestra tradición en la didáctica de la química fueron antaño innovaciones introducidas con fines diversos, no necesariamente educativos. La mirada diacrónica a la educación química se revela así como una fértil prueba del estéril debate que antagoniza tradición e innovación, a la par que nos proporciona al profesorado de química una mirada crítica ante las innovaciones que introducen currículo, libros de texto, metodologías e instituciones. Solo desde esta mirada es posible lograr un conocimiento profundo que permita mejorar la educación química adaptándola a las necesidades de una sociedad y una tecnología en continuo cambio.

Referencias

- Aduriz Bravo, A. (2000). La didáctica de las ciencias como disciplina. *Enseñanza*, 17-18, 61-74.
- Bereit, A. E., Borst, K., Clapp, L. B., Derosé, J. V., Fitzgerald, R. K., Fuller, E., Livermore, A. , Miller, R. , Neidig, H. A., Parker, H., Shewbert, R., Strong, L. E., Taylor, W. H., Verhoek, F. H., Westmeyer, P., Wik, H., Wilson, M. K. (1966). *Sistemas Químicos. Chemical Bond Approach Project*. Barcelona: Editorial Reverté.
- Bertomeu Sánchez, J. R (2016). Beyond borders in the History of Science Education, en Arabatzis, T., Renn, J., Simoes, A. (eds.), *Relocating the History of Science: Essays in Honor of Kostas Gavroglu*, (pp. 159-173), Dordrecht: Springer.
- Caamaño, A. (2018). Enseñar química en contexto: Un recorrido por los proyectos de química en contexto desde la década de los 80 hasta la actualidad. *Educación Química*, 29(1), 21-54. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.63686>
- Chamizo Guerrero, J. A. (2011). La imagen pública de la química. *Educación Química*, 22(4), 320-331. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30152-6](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30152-6)
- Chamizo Guerrero, J. A. (2017). La cuarta revolución química (1945-1966). De las sustancias a las especies químicas. *Educación Química*, 28(4), 202-210. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2017.07.001>

- Chamizo Guerrero, J. A., Pérez, Y. (2017). Sobre la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Iberoamericana de Educación*, 78, 23-40. <https://doi.org/10.35362/rie741624>
- Coulson, E. H., Aylmer-Kelly, A. W. B., Glynn, E., Jones, H. R., Malpas, A. J., Mansell, A. L., Mathews, J. C., Van Praagh, G., Raitt, J. G., Stokes, B. J., Tremlett, R., Volkins, M. D. W (1975). *Química Avanzada Nuffield. El químico en acción*. Barcelona: Reverté.
- Escalona, H. (1998). *QuimCom-Química en la comunidad*. México: Pearson.
- Garritz, A. (2005a) Consideración de la historia en los libros de texto de química. *Educación Química*, 16, 498-503. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2005.4.66086>
- Garritz, A. (2005b) Ciencia para todos. Un proyecto que dura ya 20 años. *Educación Química*, 16, 2-6. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2005.1.66129>
- Hogg, J. C., Bickel, C. L., Nicholson, M., Wik, H. (1970). *Química, un enfoque moderno*. México: Editorial Reverté.
- Matthews, M. R. (1988). A role for history and philosophy in science teaching. *Educational Philosophy and Theory*, 20(2), 67-81. <https://doi.org/10.1007/BF01807043>
- Matthews, M. R. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 255-277. <https://ensciencias.uab.cat/article/view/v12-n2-matthews/2354>
- Moreno Martínez, L. (2021). El boletín Faraday (1928-29) y las relaciones entre historia y didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 39(3), 215-230. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3304>
- Moreno Martínez, L. (2022). Educar en el «hábito científico»: Modesto Bargalló y la ciencia en las aulas normalistas en España (1912-1939). *Dynamis*, 42(2), 551-581. <http://dx.doi.org/10.30827/dynamis.v42i2.27722>
- Nieto-Galan, A. (2011). *Los públicos de la ciencia. Expertos y profanos a través de la historia*. Barcelona: Marcial Pons.
- Olesko, K (1991). *Physics as a calling: Discipline and practice in the Königsberg seminar for physics*. Ithaca: Cornell University Press.
- Romero, C. (2006) Los programas curriculares de química en Latinoamérica. *Educación Química*, 17, 308-314. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2006.4e.66019>
- Rudolph, J. L. (2019). *How we teach science. What's changed and why it matters*. Cambridge: Harvard University Press.
- Rudolph, J. L (2023). *Why we teach science and why we should*. Oxford: Oxford University Press.
- van Barkel et al (2000) Normal Science Education and its dangers. The case of School Chemistry. *Science & Education*, 9, 123-159. <https://doi.org/10.1023/A:1008765531336>