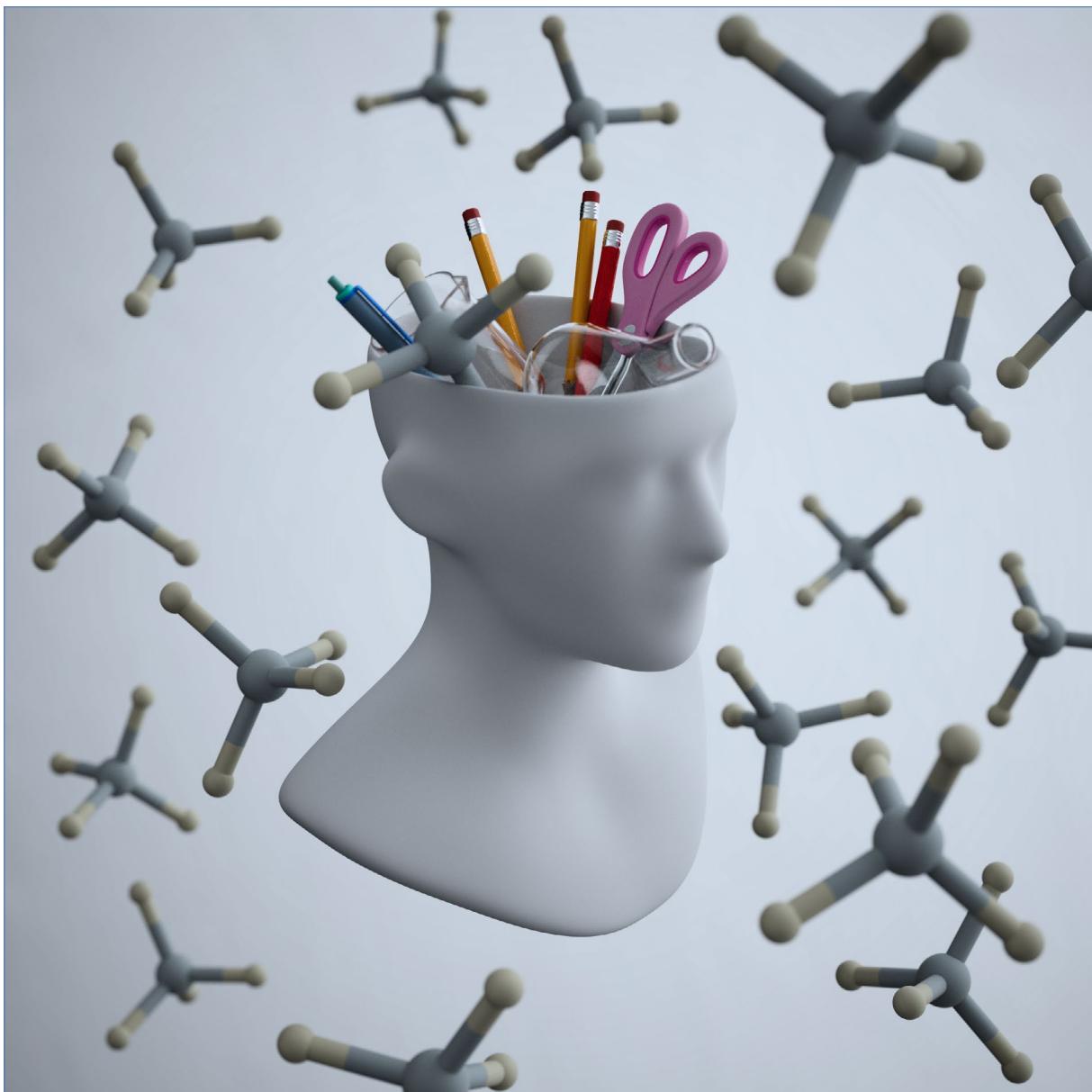


Anales de
Química
de la R S E Q

La revista de la Real Sociedad Española de Química

- Vol. 121
- N° Extraordinario
- www.analesdequimica.es



Anales de Química de la RSEQ

Revista editada en Madrid por la Real Sociedad Española de Química

Editor General

Juan Ángel Casares González
Departamento de Química Física y Química Inorgánica, Universidad de Valladolid.

Editores invitados Monográfico Enseñanza

Luis Moreno Martínez
IES Enrique Tierno Galván, Parla, Comunidad de Madrid.
M.ª del Rosario Sorrigueta Ruiz
IES Emilio Ferrari, Valladolid, Castilla y León.

Carlos Martí-Gastaldo
Instituto de Ciencia Molecular (ICMol), Universidad de Valencia.

Gabriel Pinto Cañón
Departamento de Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente.
Universidad Politécnica de Madrid.

Alfonso Salinas Castillo
Departamento de Química Analítica, Universidad de Granada.

Miquel Solà
Instituto de Química Computacional y Catálisis. Universidad de Girona.

Rolando Ángel Spanevello
Universidad Nacional de Rosario (Argentina).

Uxue Uria
Departamento de Química Orgánica e Inorgánica de la Universidad del País Vasco.

Otilia Val-Castillo
IES Lluís Simarro Lacabra, Xàtiva (Valencia).

Comité Editorial

Fernando P. Cossío
IKERBASQUE Basque Foundation for Science, Bilbao, Bizkaia.
Vicepresidente de la RSEQ.

Gabriel Cuevas González
Instituto de Química de la UNAM (Méjico).

Luis Alberto Echegoyen
Institut Català d'Investigació Química (ICIQ). Profesor emérito de la Universidad de Tejas, El Paso.

Ana M. Geer
Instituto de Síntesis Química y Catálisis Homogénea (ISQCH), CSIC-Universidad de Zaragoza.

www.analesdequimica.es
administracion@analesdequimica.es

Secretaría Editorial

Patricia Yáñez-Sedeño
Real Sociedad Española de Química
Facultad de Ciencias Químicas. UCM
28040, Madrid



Entidad colaboradora



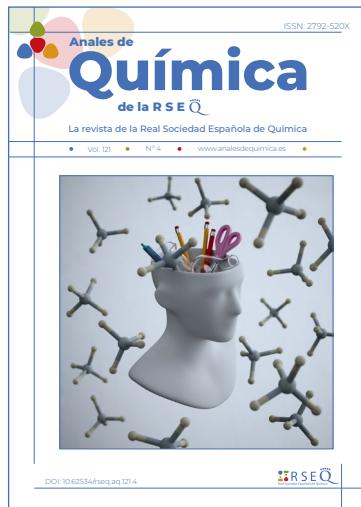
Miembros corporativos



Anales de Química de la RSEQ

Volumen 121 · Número Extraordinario · noviembre 2025

SUMARIO



Diseño y maquetación:
Ostraca Servicios editoriales

Ilustración portada:
Eugenio Vázquez Sentís

An. Quím. RSEQ, 121 (Extra.), 2025, 209-266
ISSN: 2792-520X
e-ISSN: 2792-5250
D. L.: M-232-1958

Carta de los editores

Cartas de los editores

Juan Á. Casares, M.^a del Rosario Sorrigueta Ruiz y Luis Moreno Martínez 212

Carta del presidente del Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y la Química

Gabriel Pinto Cañón 214

Mesa redonda

Pasado, presente y futuro de la enseñanza de la química en enseñanza secundaria

Luis Moreno Martínez y M^a del Rosario Sorrigueta Ruiz 215

Enseñanza de la química

Preguntas competenciales en la nueva PAU de Química y su utilidad como recurso didáctico

Almudena de la Fuente Fernández 219

Resonancia ludocognitiva en juegos educativos para la enseñanza de la Física y Química

Pablo Ortega Rodríguez 224

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

Aureli Caamaño Ros y Fina Guitart Mas 231

Retos en el currículum español de química de la enseñanza secundaria obligatoria y del bachillerato

Juan Quílez 238

Investigación en Ciclos de Grado Básico: una estrategia motivadora para el estudio de las ciencias

Estela Peral Elena, Olga Hernández González y M^a. Jesús Olga García Moríñigo 246

Biotecnología y detergentes en la enseñanza de la Química

Nuria Muñoz Molina y Claudia Mei Molina Muñoz 251

Benceno: 200 años en el corazón de la Química

Otilia Val Castillo 257

Reseñas

Aprende Química experimentando, Miguel Julve, Anabel Terraes y Eva Soriano

Francesc Lloret 261

Lecturas muy químicas

M^a del Rosario Sorrigueta Ruiz y Luis Moreno Martínez 262

Noticias 265

Carta de los editores

Juan Á. Casares, M.^a del Rosario Sorrigueta y Luis Moreno

Una de las misiones de *Anales de Química de la RSEQ* es servir de foro de discusión de todos aquellos aspectos relacionados con la docencia de la química. En todos los números se recogen artículos específicamente dedicados a la enseñanza, junto a otros de investigación en química, de historia de la química, entrevistas y ensayos, cubriendo todos los ámbitos de interés de los miembros de la RSEQ. Para alcanzar con más eficacia a los posibles lectores provenientes de la enseñanza preuniversitaria y reforzar la idea de que este es un aspecto que interesa muy especialmente a la RSEQ, parece conveniente dedicar un número especial de *Anales* a la docencia preuniversitaria. Para ello he contado con la colaboración de dos profesores de Física y Química de Enseñanza Secundaria que han actuado como editores invitados de este número, son Roser Sorrigueta, profesora del IES Emilio Ferrari de Valladolid, y Luis Moreno Martínez, profesor del IES Enrique Tierno Galván de Parla, Madrid. Ellos se han ocupado de compilar, depurar, y ordenar todo el material que aparece publicado en este número. Los dejo en sus manos.

Juan Á. Casares

La química no es una ciencia fácil de enseñar ni fácil de aprender. El grado de abstracción que implica explorar la dimensión submicroscópica de la materia en la que se desarrolla la inmensa mayoría de los procesos que abordamos en clase, la alta especificidad del lenguaje químico o el necesario despliegue de las habilidades matemáticas requeridas para el estudio cuantitativo de las reacciones químicas son solo algunas de las muchas dificultades que, a diario, sorteamos (o al menos lo intentamos) en nuestras clases. Ser profesor de Química en enseñanza secundaria es guiar a jóvenes por un mundo complejo que en reiteradas ocasiones no quieren transitar. Asimismo, si bien la experimentación constituye una valiosa aliada para tan loable y desafiante empresa, en ocasiones nos vemos desprovistos de horas para desdobles en los departamentos o convivimos con laboratorios que se han convertido en almacenes. Por si fuera poco, en los cursos en los que el alumnado muestra mayor interés por el mundo de los átomos y las moléculas, como ocurre en Bachillerato, la extensión del currículo y la presión inherente a la Prueba de Acceso a la Universidad, planea constantemente sobre nosotros, actuando como inhibidor de notables experiencias que podríamos desarrollar si se dispusiera de los tiempos, espacios y medios necesarios. Aunque la situación no invita precisamente al optimismo, tampoco debe conducir al desánimo.

Este número monográfico de *Anales de Química de la RSEQ*, es precisamente una muestra de cómo todas estas dificultades son abordadas y solventadas por compañeros y compañeras docentes de formas muy diversas.

Así, la profesora Almudena de la Fuente Fernández aborda en su artículo cómo conciliar la dimensión competencial del currículo de Química en Bachillerato, sin desatender las exigencias propias de la Prueba de Acceso a la Universidad, evitando el estéril antagonismo entre contenidos y competencias (¡como si se pudiese ser competente en un campo sin un conocimiento profundo del mismo!). En el caso del profesor Pablo Ortega Rodríguez, son los juegos educativos el tema central de su artículo, ofreciendo diversos recursos de interés en Educación Secundaria Obligatoria para que el alumnado movilice y aplique lo aprendido en clase de Química de forma lúdica a la par que didáctica. Para la profesora Nuria Muñoz Molina y su joven ayudante Claudia Mei Molina Muñoz, una acción cotidiana tan frecuente como lavar la ropa puede ser el punto de partida de una experiencia didáctica que conecte química y biotecnología en clase. Además de ESO y Bachillerato, no puede pasarse por alto la enseñanza de la química en los Ciclos Formativos de Grado Básico con experiencias educativas como la realizada por las profesoras Estela Peral Elena, Olga Hernández González y M.^a Jesús Olga García Moríñigo.

Junto a estas experiencias de aula comparten páginas en este número especial otros artículos de gran interés para el profesorado. Desde Valencia, el profesor Juan Quílez compara el currículo autonómico con el currículo nacional, ofreciendo valiosas lecciones sobre el diseño curricular de las materias de Química. Desde Cataluña, el profesor Aureli Caamaño Ros y la profesora Fina Guitart Mas analizan hábilmente la evolución de la enseñanza de la química en educación secundaria desde 1970 a 2025. En este año se cumplen dos siglos del descubrimiento del benceno por parte de Michael Faraday, efeméride de gran valor didáctico e histórico para nuestras clases que es abordada en el artículo de la profesora Otilia Val Castillo.

Acompaña a estos siete artículos una mesa redonda con Manuela Martín Sánchez y José Antonio Martínez Pons, dos figuras destacadas de la historia de la didáctica de la química en nuestro país, con quienes hemos tenido el inmenso placer de conversar en torno al pasado, presente y futuro de la enseñanza de la química en etapas preuniversitarias. Asimismo, complementan este número monográfico una serie de lecturas y convocatorias de interés para profesorado y alumnado. Esperamos que este número haya logrado cristalizar el interés y entusiasmo de autores y editores por esa nada sencilla pero apasionante profesión que constituye enseñar química a nuestros jóvenes y que este número especial de *Anales* dedicado a la docencia preuniversitaria aporte ideas nuevas y enfoques útiles para nuestro quehacer diario.

M.^a del Rosario Sorrigueta y Luis Moreno



Mª del Rosario Sorrigueta Ruiz
IES Emilio Ferrari en Valladolid, Comunidad de Castilla y León
C-e: mrsorrigueta@educa.jcyl.es

Licenciada en Química por la Universidad de Oviedo en 1984. Desde 1995 es profesora de física y química inicialmente en centros concertados y actualmente en centros públicos. A lo largo de su trayectoria como funcionaria docente, ha sido jefe de Departamento, coordinadora de la sección Bilingüe durante tres cursos. Coordinadora y colaboradora en diferentes proyectos Comenius y Erasmus, coordinadora de varios proyectos eTwinning. También ha participado y coordinado diversos proyectos de innovación educativa (PIE) desarrollados en Castilla y León.



Luis Moreno Martínez
IES Enrique Tierno Galván, Parla, Comunidad de Madrid
Grupo Especializado de Didáctica e Historia, RSEF-RSEQ
C-e: luis.morenomartinez@educa.madrid.org
ORCID: 0000-0002-4540-5752

Licenciado en Ciencias Químicas (UCM). Doctor en Didáctica de las Ciencias (UAM) y en Historia de la Ciencia (UV). Funcionario de carrera del Cuerpo de Profesores de Enseñanza Secundaria de la Comunidad de Madrid en la especialidad de Física y Química. Miembro de la Junta de Gobierno del Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y la Química de las Reales Sociedades Españolas de Física y de Química. Embajador Scientix. Ejerce la docencia en el IES Enrique Tierno Galván de Parla y en el Programa de Enriquecimiento Educativo para Alumnado con Altas Capacidades de la Comunidad de Madrid.

2 YEARS of Benzene!

NOVEMBER 12th, 2025

9:15 OPENING

9:30 NAZARIO MARTIN

The Legacy of Benzene: From Aromatic Structure to the 2D Universe

10:15 AMAIA ZURUTUZA

Graphene
From Benzene to Graphene

11:00-11:50 COFFEE BREAK (AULARIO)

12:00 FERNANDO COSSIO

Benzene and Beyond: Molecules and Chemical Change

12:45 MARTINA CORSO

Bond-Resolved Imaging of Benzenoid and Graphene Nanostructures

WITH THE SUPPORT OF

CHAIR: AURELIO MATEO-ALONSO

STPAV
RSEQ
Bosque Foundation for Science
EUH
ikerbasque
Bosque Foundation for Science
POLYMAT

CARLOS SANTAMARIA CENTRE (EHU) SAN SEBASTIAN

FREE REGISTRATION HERE!
OPEN TO EVERYONE!
LIMITED SEATS AVAILABLE!

labur.eus/benzene

POLYMAT
GRUPO ESPECIALIZADO NANOCIENCIA Y MATERIALES MOLECULARES

KIMIKAKA FAKULTATEA
50 URTEAN
KIMIKAKA
GIZA
EUROPEAN INNOVATION COUNCIL

RSEQ
Real Sociedad Española de Química

European Innovation Council
European Union

Real Sociedad Española de Química

RSEQ
Real Sociedad Española de Química

Presentación del Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y la Química

Gabriel Pinto Cañón

En este número especial de *Anales de Química de la RSEQ*, dedicado al profesorado de educación secundaria y bachillerato, no podía faltar una breve introducción al grupo más directamente involucrado con este colectivo, el *Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y la Química*, GEDH. Se fundó, el 28 de noviembre de 1986, por iniciativa del profesor Salvador Senent Pérez, que sería su primer presidente. Es un grupo mixto, que forma parte tanto de la Real Sociedad Española de Química (RSEQ) como de la de Física (RSEF) –ambas sociedades se separaron en 1980, tras su historia común, iniciada en 1903.– Estamos, pues, a las puertas de celebrar nuestras primeras cuatro décadas de existencia como grupo de personas que hemos colaborado con un objetivo claro: la promoción de la didáctica y la historia de ambas ciencias, física y química, tanto en las diferentes etapas educativas como en el ámbito de la divulgación.

El GEDH está formado por profesionales de diferentes perfiles. Los más habituales son el profesorado de educación secundaria, bachillerato y Universidad. Además, hay un buen número de profesionales de la química y la física activos en otras áreas, pero con gusto por la enseñanza y la historia de la ciencia. Muchos miembros del grupo estamos vinculados a la impartición del Máster Universitario en Formación del Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato y Formación Profesional, que habilita para ejercer la profesión del profesorado en esas etapas.

Entre las actividades más destacadas, abiertas siempre todas ellas a la participación del profesorado de enseñanzas preuniversitarias, se pueden destacar:

- Preparación de reuniones y simposios para tratar temas específicos, como los presentes siempre en las reuniones bienales de la RSEQ y la RSEF y otros, como los titulados "Didáctica de la química y vida cotidiana" (2003) y "6·10²³. Didáctica e Historia de la Física y la Química: de los conceptos a situaciones de aprendizaje" (2023).
- Edición de libros, como "Didáctica de la Física y la Química en los Distintos Niveles Educativos" (2005) y "Enseñanza y Divulgación de la Física y la Química" (2012) (ver Figura 1).
- Realización de convocatorias bienales (ya con diez ediciones) del Premio Salvador Senent, para trabajos científicos especializados, de revisión o de carácter divulgativo, relacionado con la didáctica y/o con la historia de la física o la química. Los objetivos son resaltar los trabajos sobre estas áreas de conocimiento y fomentar el interés para publicar en *Anales de Química* y en la Revista Española de Física.
- Desarrollo de otras convocatorias para premiar la labor educativa del profesorado de etapas no universitarias. Se destacan los específicos sobre "nuestra tabla periódica" (2019), "educación en tiempos de pandemia" (2021), "para el desarrollo sostenible" (2023) y "para el conocimiento de la ciencia y la tecnología cuántica" (2025).

• Elaboración de un *Boletín Informativo* semestral, desde 2004. En 2021 pasó a denominarse *Faraday: Boletín de Física y Química (Segunda Época)*, con su estructura actual (ver Figura 1). El nombre no es anecdótico; de algún modo, resume las esencias del GEDH. Recoge, –de ahí lo de "segunda época"– el nombre de la publicación que, entre 1928 y 1929, creó el profesor Modesto Bargalló Ardevol, para "dar a conocer entre el profesorado español de las distintas etapas educativas las virtudes y el alto valor de la historia de la ciencia para la enseñanza, la ciencia y la cultura", y "por considerar al célebre científico británico Michael Faraday un ejemplo de humildad y perseverancia en el trabajo científico a imitar".^[1]



Figura 1. Portadas de uno de los libros (izda.) y del último número del Boletín del GEDH (der.), citados en el texto.

- Patrocinio de jornadas, ferias científicas y otras actividades, organizadas por otras instituciones.

Todas estas actividades, y muchas más,^[2] no podrían desarrollarse sin la colaboración entusiasta de profesorado de todas las etapas educativas. Por eso, desde aquí se anima a la involucración de potenciales interesados. Igual que los enlaces químicos generan estabilidad y valor, la unión de docentes y su interacción multiplicará, con toda seguridad, el impacto del GEDH.

Bibliografía

- [1] L. Moreno, *Faraday: Bol. Fís. Quím.* **2021**, 35, 5-9.
[2] "Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y la Química, grupo mixto RSEQ-RSEF", disponible en <https://gedh.rseq.org/> (consultado: 01/09/2025).

Gabriel Pinto Cañón

Departamento de Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente, E.T.S. de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid.

MESA REDONDA

Pasado, presente y futuro de la enseñanza de la química en enseñanza secundaria

Mesa redonda con los profesores
Manuela Martín Sánchez y José Antonio Martínez Pons

Luis Moreno Martínez^{1,3,4*} y M^a del Rosario Sorrigueta Ruiz^{2,3,4}

¹ IES Enrique Tierno Galván, Parla, Comunidad de Madrid.

² IES Emilio Ferrari, Valladolid, Castilla y León.

³ Grupo Especializado de Didáctica e Historia, Reales Sociedades Españolas de Física y Química.

⁴ Editores invitados del número monográfico.

Enseñar química en etapas preuniversitarias no es una tarea sencilla. El nivel de abstracción que entraña la asimilación de muchos conceptos químicos, el empleo de las pautas propias del lenguaje de la química o la adquisición de las destrezas matemáticas fundamentales para los cálculos químicos son algunas de las dificultades del alumnado a las que el profesorado de Física y Química de Enseñanza Secundaria debe hacer frente. A estas adversidades intrínsecas a la didáctica específica de la química, cabe añadir otras no menos relevantes como las dificultades para la realización de sesiones de trabajo experimental o la extensión de los currículos. Todas estas cuestiones, si bien actuales, no son en absoluto novedosas. Desde la conformación de los sistemas educativos en el siglo XIX, la química encontró su lugar en el currículo de los institutos de segunda enseñanza. Es, pues, no solo una disciplina académica con una profusa historia, también una disciplina escolar ampliamente consolidada. Es por ello que para afrontar los retos futuros de la enseñanza de la química se hace fundamental la perspectiva crítica que aporta mirar al pasado. El pasado de la enseñanza de la química se hace presente cuando se dialoga con quienes profesaron durante décadas el apasionante oficio docente. Ese diálogo es todavía más fructífero cuando se tiene el immenso placer de conversar con voces con una fecunda trayectoria enseñando química como la profesora Manuela Martín Sánchez y el profesor José Antonio Martínez Pons. Su trayectoria profesional comparte el entusiasmo y el buen hacer por una didáctica de la química realista con las condiciones del profesorado, en la que el conocimiento prima sobre retóricas pedagógicas vacías y en la que siempre ha de prevalecer el interés del docente en ayudar al alumnado a lo largo de su aprendizaje. Pero todo profesor ha sido antes alumno y en ocasiones, esas experiencias discentes terminan siendo reappropriadas en el propio quehacer docente. Es por ello que antes de preguntar a los entrevistados sobre cuestiones en torno a la enseñanza de la química, se ha querido indagar en sus propias experiencias como alumnos. Esta mesa redonda compila las respuestas obtenidas a las dis-

tintas cuestiones planteadas a los profesores Martín Sánchez y Martínez Pons, las cuales han sido obtenidas gracias a las nuevas tecnologías.

Muchas gracias por compartir con los lectores de Anales de Química vuestras opiniones e impresiones sobre la enseñanza de la química, apasionante tarea a la que ambos habéis dedicado vuestras trayectorias profesionales. ¿Cuándo y cómo descubristeis que os queríais dedicar a la enseñanza de la química?

Manuela: En mi caso, mi interés por la enseñanza despertó mientras daba clases particulares cuando estudiaba. Me decanté por estudiar Ciencias Químicas porque entonces era la única carrera de ciencias en la Universidad de Salamanca, ciudad en la que vivía.

José Antonio: Yo me aficioné a la ciencia a los siete años, cuando mi padre me regaló un tomo ilustrado que contenía algunas novelas de Julio Verne. Todavía recuerdo cómo en *La isla misteriosa* los protagonistas generaban fuego fabricando una lente con los vidrios de sus relojes o cómo sintetizaron ácido pícrico para usarlo como explosivo. Después, en el colegio decidí que quería ser profesor. Cuando en 3.^º tuve mi primer contacto formal con la física y la química, supe que eso era lo que quería enseñar.

¿Cómo recordáis vuestras clases de Química en el instituto?

José Antonio: Recuerdo que en 3.^º y 4.^º se estudiaba Física y Química como una única asignatura. Eran aprendizajes básicos, algo de formulación... Ya en 5.^º se estudiaba Química como materia independiente. Se abordaba, sobre todo, la química descriptiva y los fundamentos de la estequiometría. En todo el Bachillerato solo fuimos al laboratorio una vez.

Un currículo de química en ESO más generalista que fomente la observación y la experimentación, extender la duración del Bachillerato y reforzar la Formación Profesional: algunas propuestas para mejorar la enseñanza de la química en etapas preuniversitarias.

Manuela: En mi caso, sí fuimos al laboratorio algunas veces para obtener algún compuesto químico. Aquello me pareció muy interesante. Mi promoción fue la primera que no hizo siete cursos de Bachillerato. Hicimos reválida en 6º en diciembre y en enero comenzamos como experimentales Preu, con lo cual trabajamos con intensidad Física y Química de octubre a diciembre, pero de enero a junio estaban muy poco claros los programas que debíamos seguir ni de qué nos teníamos que examinar en junio. Una idea importante para los ministros de Educación es que los planes de estudio deben durar bastantes años. Cambiar cada pocos años es absurdo. Los profesores, los alumnos, los libros de texto y las editoriales lo agradecerían y la formación sería mejor. Tengo una amiga francesa que siempre comenta que tuvo el mismo plan de estudios que su abuela y su madre, pero cada uno de sus tres hijos ha tenido en España un plan de estudios diferente.

¿Recordáis a algún profesor y algún libro que os haya inspirado especialmente en vuestra labor docente?

Manuela: No me parece sencillo elegir un solo libro. Siempre he considerado necesario consultar textos de diversas editoriales y de varios autores, en función de la temática. En cuanto a mis docentes, guardo un especial recuerdo de Mª Cruz Gutiérrez y Carmen Garaizabal, profesoras del Colegio La Inmaculada de Salamanca. También de Felipe Lucena Conde y Jesús María Tharrats Vidal, profesores de Química Analítica y Matemáticas de la Universidad de Salamanca, respectivamente.

José Antonio: He usado muchos libros a lo largo de mi trayectoria docente. Quizá el que más me ha ayudado es *Química General Moderna* de Joseph Babor y José Ibarz, el libro que muchos profesores seguían, pero ninguno recomendaba. Respecto a mis docentes, recuerdo alguna charla del profesor Salvador Senent, fundador y primer presidente del Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y la Química de las Reales Sociedades Españolas de Física y de Química. También tengo un buen recuerdo de José Aguilar Peris, químico y profesor de Termodinámica en la Universidad Complutense de Madrid.

Seguro que, pese a que ya se encuentran lejanos en el tiempo, todavía recordáis la primera vez que pisasteis un aula como docentes...

José Antonio: Perfectamente. Fue en el verano de 6º a Preu. El director del colegio donde estudiaba me hizo llamar por-

que operaban al profesor de Física y Química y no podría hacerse cargo del cursillo de verano para los alumnos de 5º que habían suspendido la asignatura. Entonces, me ofrecieron impartirlo. Lo consulté con mi padre, que me dejó aceptar a cambio de que no cobrase por ello. Al final, pese al empeño de mi padre, me pagaron 700 pesetas que le vinieron muy bien a mi madre, pues éramos cinco hermanos en casa. Aquel fue mi primer sueldo.

Manuela: De mis primeros años como profesora todavía recuerdo lo complejo que era para el alumnado comprender muchos conceptos y procesos químicos, como qué es un indicador ácido-base o por qué los metales son atacados por los ácidos.

Desde aquellos inicios hasta la enseñanza actual de la química, habéis sido testigos directos de los diversos cambios legislativos que atañen tanto al currículo como a la formación del profesorado de Física y Química de Enseñanza Secundaria. Desde vuestra dilatada experiencia, ¿qué aspectos del currículo de Química creéis que se deben mejorar?

Manuela: En mi opinión un Bachillerato de dos años es excesivamente corto. Creo que una posible solución sería establecer tres cursos de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y tres cursos de Bachillerato, además de reforzar la Formación Profesional como alternativa para el alumnado.

José Antonio: Yo apostaría por currículos generalistas en ESO. Los centraría en los conceptos fundamentales y fomentaría la observación de fenómenos y la realización de experimentos sencillos, no como un simple espectáculo, sino buscando el porqué, razonando. Es algo especialmente relevante en el ámbito de la química, pues se trata de la materia científica más denostada y tergiversada por los medios de difusión pública.

Precisamente, la importancia de la experimentación es uno de los grandes consensos en la didáctica de la química que por el contrario sigue siendo un reto pendiente en la enseñanza secundaria por las dificultades organizativas y prácticas que los profesores encontramos para llevar a nuestro alumnado al laboratorio, entre otros factores. ¿Qué medidas se pueden tomar desde las Administraciones y desde nuestra propia práctica docente para paliar esta situación?

José Antonio: Enseñar química sin experimentos, bien diseñados y preparados, es como enseñar a jugar al fútbol sin portería ni balón. Por ello considero fundamental que se fije una parte experimental en el currículo de Química y que se asegure la formación experimental del profesorado. Es

Enseñar química sin experimentos, bien diseñados y preparados, es como enseñar a jugar al fútbol sin portería ni balón.

también necesario que los centros cuenten con dotación económica para los laboratorios y que se establezcan desdobles para poder realizar prácticas con el alumnado.

Manuela: Sin duda la formación del profesorado en las técnicas experimentales juega un papel destacado. Además, sería recomendable que cada profesor tuviese disponibilidad horaria para poder unir sus clases experimentales con las clases teóricas.

Ambos habéis señalado la importancia de la formación del profesorado. En esta línea, es frecuente el debate sobre la mejora del Máster Universitario en Formación del Profesorado. ¿Qué medidas a este respecto consideráis necesarias?

Manuela: Creo que es fundamental que las clases del Máster sean prácticas y estén bien organizadas. Además, es imprescindible la selección del profesorado del Máster.

José Antonio: En la universidad se enseña ciencia, la profesión de enseñar se aprende enseñando. Creo que el Máster en Formación del Profesorado debería descargarse bastante de teorías psicopedagógicas, muchas veces presentadas por profesores que no han impartido nunca docencia en un aula real de ESO o Bachillerato. También reforzaría la formación experimental y la formación en los conocimientos específicos de las materias que el futuro profesor impartirá.

En relación con este último aspecto, es muy representativo de la historia de la enseñanza secundaria en España que Física y Química sean una misma especialidad docente. Al mismo tiempo, en la mayoría de cursos constituye una única materia. ¿Creéis que deben ser especialidades y materias distintas?

Manuela: Encuentro mucho más fácil estudiar física sin saber química que al contrario. No se pueden conocer bien los principios fundamentales de la química si al mismo tiempo no se conocen los de la física. Al ser dos ciencias tan relacionadas, sí me parece positivo que sean una misma especialidad docente y que, salvo en segundo curso de Bachillerato, sean una única materia.

José Antonio: «El químico que no es físico no es nada en absoluto». Esta frase del célebre químico alemán Robert Bunsen (1811-1899) la creo muy acertada, pues si bien se puede estudiar la física sin saber demasiada química, lo recíproco lo considero mucho más difícil. El profesor de Física y Química debe tener una sólida formación inicial en ambas ciencias. De ahí la importancia de complementar la

«El químico que no es físico no es nada en absoluto», Bunsen dixit. El profesor de Física y Química debe tener una **sólida formación inicial en ambas ciencias.**

formación del futuro profesor a la que aludí anteriormente, ya que aunque el físico suele admitir sus lagunas en química, el químico no siempre acepta sus limitaciones de formación teórica y experimental en física. Al mismo tiempo, hay una amplia zona del conocimiento científico en que se difuminan la frontera entre ambas ciencias. Es por ello que hasta 3.º ESO no me parece tan importante la separación entre Física y Química, ni siquiera la veo conveniente, pero a partir de 4.º me parece imprescindible.

No nos gustaría finalizar esta mesa redonda sin preguntaros qué le recomendaríais a los futuros y presentes profesores de Física y Química de Enseñanza Secundaria...

José Antonio: Es fundamental que dominen su materia, que nunca entren al aula sin haber preparado sus clases adecuándolas al tema que se deba impartir y al alumnado, que no dejen nunca de desear aprender ni de ayudar a los alumnos a que aprendan, a sabiendas de que los frutos de su trabajo los recogerán muchos años después.

Manuela: Ser profesor es una profesión que merece la pena, siempre que se esté dispuesto a trabajar con entusiasmo. Para quien se dedica a la docencia es fundamental tener una buena formación científica, mantenerse al día en los nuevos avances y técnicas e intentar siempre conocer y conectar con todos los alumnos, ayudándoles en los problemas que encuentren en nuestra materia. El profesor debe tener claro que le debe exigir a los alumnos que trabajen y no regalarles el aprobado, pues a lo largo de su vida lo agradecerán, ya que es la única forma de adquirir una buena formación.

Ser profesor es una profesión que merece la pena, siempre que se esté dispuesto a trabajar con entusiasmo.

Con esta convergencia en que la primera herramienta didáctica es el conocimiento profundo de lo que se desea enseñar y en la importancia de que el profesor ayude siempre al alumnado en el apasionante viaje por la química, concluye esta mesa redonda, a la que solo cabe añadir una reveladora frase del profesor Michel Thévenet facilitada por nuestro entrevistado, José Antonio Martínez Pons:

«Llevo 25 años ejerciendo de profesor, siempre me he considerado un buen profesor, pero si mis clases fueran como las de hace 25 años, sería un pésimo profesor».

Una clara muestra de la importancia de que quien decide enseñar nunca debe dejar de aprender. Sin duda, un adagio fundamental para la imprescindible labor que supone enseñar química a los jóvenes a los que les aguarda el desafío de construir la sociedad del futuro. Una sociedad en la que, como se ha probado a lo largo de la historia, la química seguirá jugando un papel fundamental que solo se valorará y reconocerá si es sembrado y cultivado desde las aulas.

**Manuela Martín Sánchez**

Universidad Complutense de Madrid
C-e: manuelamartinsanchez@gmail.com

Doctora en Ciencias Químicas por la Universidad de Salamanca. Fue profesora de Didáctica de las Ciencias en la Escuela Normal de Magisterio de Ciudad Real y en la de León, de la que fue directora. En 1981 se incorporó a la Universidad Complutense de Madrid. En dicha institución fue vicedecana de la Facultad de Educación y directora del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, siendo nombrada Profesora Honorífica. De 2009 a 2017 fue presidenta del Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y la Química de las Reales Sociedades Españolas de Física y Química. Es autora de más de un centenar de publicaciones sobre didáctica e historia de la física y la química, áreas sobre las que ha impartido numerosas ponencias en congresos y jornadas nacionales e internacionales y sobre las que ha dirigido tesis doctorales.

**José Antonio Martínez Pons**

Universidad de Alcalá de Henares y Museo del Ferrocarril de Madrid
C-e: jamartinez46@outlook.es

Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid. Licenciado en Ciencias Químicas por la UNED. Doctor en Ciencias Químicas por la Universidad de Alcalá de Henares. Catedrático jubilado de Física y Química de Enseñanza Secundaria, también ha sido profesor en la Universidad Antonio de Nebrija, la Universidad Politécnica de Madrid y la Universidad de Alcalá, de la que es Profesor *Ad Honorem*. De 2017 a 2025 ha sido vicepresidente del Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y la Química de las Reales Sociedades de Física y Química. Es autor de diversos manuales y artículos sobre enseñanza de la física y la química. Ha impulsado varias iniciativas para profesores, como Física en el Parque de Atracciones, y ha impartido diversos cursos de formación del profesorado. Ha sido galardonado con el Premio a Tareas Educativas y Divulgativas de la RSEQ. Es voluntario del Museo del Ferrocarril de Madrid.

¿Quieres formar parte de una de las sociedades científicas más importantes de España?

Si tienes menos de 26 años hazte miembro por 15€



Preguntas competenciales en la nueva PAU de Química y su utilidad como recurso didáctico

Competency-based questions in the new Chemistry University Entrance Exam and their usefulness as a teaching resource

Almudena de la Fuente Fernández

Colegio Nuestra Señora de los Ángeles (Madrid). Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Química y de la Física.
RSEQ – RSEF.

PALABRAS CLAVE:

Competencias
Enseñanza de la Química
Evaluación
Prueba de acceso a la universidad
Recursos didácticos

RESUMEN:

La nueva prueba de acceso a la universidad (PAU) en el marco de la LOMLOE incorpora ejercicios de tipo competencial con el objetivo de comprobar el grado de consecución de las competencias específicas de las distintas materias. En este artículo se realiza un análisis pormenorizado de las preguntas de esta tipología planteadas en la convocatoria ordinaria del curso 2024-2025 para la asignatura de Química en los distintos distritos universitarios. Algunas de estas preguntas pueden ser recursos didácticos útiles para el profesorado de esta asignatura, facilitando la integración y evaluación de las competencias propuestas por el actual marco legislativo.

KEYWORDS:

Competency
Chemistry teaching
Assessment
University Entrance Exam
Teaching resources

ABSTRACT:

The new university entrance exam (PAU) within the framework of the LOMLOE have incorporated competency-based exercises with the aim of assessing the degree of achievement of the specific competencies of the different subjects. This article provides a detailed analysis of the questions of this type posed in the regular examination session for the 2024-2025 academic year for the subject of Chemistry in the different university districts. Some of these questions can be useful teaching resources for teachers of this subject, facilitating the integration and assessment of the competencies proposed by the current legislative framework.

Introducción

Es un hecho conocido que la recientemente reformada prueba de acceso a la universidad (PAU) suele ser superada por la casi totalidad de los estudiantes que se enfrentan a ella. No obstante, la calificación obtenida en esta prueba es determinante para la admisión de alumnos en las distintas titulaciones universitarias oficiales de grado, especialmente en aquellas en las que la demanda de plazas supera con creces a la oferta. A consecuencia de esto, a lo largo de todo el bachillerato el profesorado tiende a centrarse en los contenidos de la PAU, relegando aquellos que no suelen evaluarse en estos exámenes. El efecto de la PAU sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje es especialmente significativo en relación con los aspectos más competenciales de las distintas asignaturas, tradicionalmente obviados en estas pruebas. Por el contrario, una PAU de calidad y correctamente alineada con el currículo, podría contribuir a alcanzar los objetivos fijados por la legislación educativa.^[1]

En el caso concreto de la asignatura de Química, un estudio realizado en 2017 a nivel nacional constató que, en aquellos distritos universitarios que incluían en sus PAU contenidos de carácter competencial –como los relacionados con el trabajo

experimental y las aplicaciones de la química–, se prestaba más atención en las aulas a esos contenidos. El mismo estudio reveló que la mayoría del profesorado de 2.º de bachillerato empleaba preguntas procedentes de pruebas anteriores en todas o casi todas sus clases, lo que convertía a estos exámenes en el principal recurso didáctico en este nivel educativo. Por ello, se consideraba urgente una reforma de las PAU que pudiera contribuir a mejorar la enseñanza de la Química en aquellos aspectos tradicionalmente más desatendidos.^[2]

Evaluación competencial en la nueva PAU

El Real Decreto 534/2024, de 11 de junio, por el que se regula la prueba de acceso a los estudios universitarios suprimió las modificaciones introducidas en el periodo 2020-2024 como consecuencia de la pandemia y la transición legislativa posterior.^[3] Así, en este pasado curso 2024-2025, el grado de optatividad de los exámenes de la PAU se ha reducido sustancialmente, ya que, independientemente de las posibilidades de elección, el citado Real Decreto supone que todas las competencias específicas de cada materia deben ser evaluadas; además, el mismo documento alude a la necesaria contextualización de

CÓMO CITAR: A. de la Fuente. *An. Quím. RSEQ* **2025**, 121, 219-223, <https://doi.org/10.62534/rseq.aq.2045>

las preguntas en entornos próximos a la vida del alumnado. Por otro lado, la CRUE (Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas) elaboró en septiembre de 2024 una propuesta de acuerdos mínimos para la PAU, según la cual al menos un 20-25% de las preguntas de cada examen debía responder a un diseño competencial y ser de obligada ejecución.^[4]

El término "diseño competencial" al que alude la CRUE resulta un tanto ambiguo, lo que unido a otras cuestiones aún pendientes (como establecer una estructura y unos criterios de corrección comunes), contribuye a que la deseada homogeneización de la PAU esté todavía lejos de conseguirse. En el caso concreto de Química, las seis competencias específicas (CE) que introduce el Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato en el marco de la LOMLOE,^[5] se describen mediante un lenguaje excesivamente abstracto que dificulta su aplicación tanto en las aulas como en las pruebas de evaluación. Estas competencias recogen una mezcla de objetivos conceptuales, procedimentales y actitudinales que aporta pocas novedades a lo expuesto en marcos legislativos previos, con las habituales alusiones al papel relevante de la química en el desarrollo de la sociedad, sus repercusiones en el medioambiente, la base experimental de la química o sus relaciones con otras ciencias. Ante esta falta de concreción, la mayoría de las comisiones coordinadoras de la materia de Química han interpretado las preguntas competenciales como enunciados en los que se expone un contexto relacionado con la química, a partir del cual el alumnado debe contestar a una serie de preguntas relacionadas con los saberes básicos de la asignatura.

Siguiendo criterios metodológicos similares a los expuestos en el estudio desarrollado en 2017 –que incluía el análisis de 1382 preguntas propuestas en las PAU de la asignatura de Química durante el periodo de vigencia de la LOE (Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación)–,^[2] para abordar el análisis cuantitativo se han identificado como competenciales todas aquellas preguntas que incluyen un contexto relacionado con alguna de las competencias específicas –aplicaciones de la química, repercusiones medioambientales, trabajo experimental, relación con la biología o la física, etc.– del currículo LOMLOE. Si bien un diseño meramente competencial implicaría otros elementos importantes – como la aplicación de los saberes del alumnado a la resolución de la situación real descrita en el contexto–, las posibles carencias de algunas de las cuestiones identificadas se han matizado en el análisis cualitativo posterior.

Partiendo de este planteamiento, se han analizado las 137 preguntas propuestas en las PAU de junio de 2025 de los 17 distritos universitarios con el objetivo de identificar la presencia de preguntas competenciales; en la Tabla 1 se indican los porcentajes de la puntuación total de dichos exámenes que corresponden a esta tipología de preguntas, señalando el carácter obligatorio u optativo de las mismas.

A pesar de la evidente disparidad en la integración de preguntas competenciales, los resultados de la Tabla 1 contrastan con lo observado en las pruebas de acceso a la universidad de cursos anteriores. De hecho, el análisis mencionado relativo al periodo LOE, reveló que solo un 6 % de las preguntas estaban contextualizadas en entornos próximos a los estudiantes,^[2] frente al 30-35 % que muestra la Tabla 1. Por ello, las nuevas PAU estarían más en consonancia con numerosos estudios en los que se defiende que esta contextualización –contemplada en todos los currículos de Química desde la LOGSE (Ley Orgánica 1/1990, de 3 de octubre, de Ordenación General del Sistema Educativo)– es esencial para que el alumnado sea capaz de identificar la ciencia existente en el día a día y transferir los conocimientos adquiridos en el aula a situaciones cotidianas.^[6-8]

Tabla 1. Preguntas competenciales en PAU (junio 2025).

Distritos universitarios	% de preguntas competenciales		
	Obligatorias	Optativas	Total
Andalucía	25 %	0 %	25 %
Aragón	20 %	0 %	20 %
Asturias	0 %	0 %	0 %
Baleares	20 %	40 %	60 %
Canarias	20 %	0 %	20 %
Cantabria	0 %	0 %	0 %
Castilla-La Mancha	25 %	0 %	25 %
Castilla y León	0 %	0-40 %	0-40 %
Cataluña	80 %	20 %	100 %
Extremadura	25 %	0 %	25 %
Galicia	25 %	0 %	25 %
Madrid	25 %	0-25 %	25-50 %
Murcia	0 %	100 %	100 %
Navarra	0 %	0 %	0 %
País Vasco	40 %	0-20 %	40-60 %
La Rioja	20 %	0 %	20 %
C. Valenciana	20 %	0-20 %	20-40 %
TOTAL	20 %	10-15 %	30-35 %

Preguntas competenciales como recursos didácticos

Según se acaba de exponer, en el último curso académico la inclusión de preguntas competenciales en la nueva PAU ha supuesto un avance significativo hacia su alineación con el currículo, en línea con las propuestas de la investigación didáctica. De este modo, dado que el empleo en las aulas de 2º de Bachillerato de los exámenes propuestos en las PAU de años anteriores es una práctica sumamente extendida, el profesorado va a contar a partir de ahora con una extensa colección de ejercicios que permitirán una formación más integral de los estudiantes. A continuación, se mostrarán y analizarán algunas preguntas de estas características extraídas de las PAU de junio de 2025 que podrían constituir un recurso didáctico de utilidad para los docentes.

La pregunta mostrada en la Figura 1, alude a diversos saberes básicos contenidos en el bloque de "Reacciones químicas" en relación con los procesos redox y los equilibrios de solubilidad aplicados a la protección contra la corrosión. Además, en el texto se definen conceptos que los estudiantes deben entender para responder a algunos de los apartados. De este modo, más allá de proporcionar un contexto, se requiere la aplicación de los conocimientos químicos a la resolución de problemas del entorno, de acuerdo con la CE2 del currículo, según la cual los alumnos deben ser capaces de "inferir soluciones generales a los problemas cotidianos relacionados con las aplicaciones prácticas de la química y sus repercusiones en el medioambiente" (p. 333).^[5]

En la misma línea, el ejercicio que se reproduce en la Figura 2, ofrece información detallada acerca de la contaminación atmosférica y los métodos empleados para su eliminación, poniendo de manifiesto las repercusiones en el medioambiente mencionadas en la CE2. Además, incluye una imagen que hace más eficaz la contextualización y puede contribuir a la motivación de los estudiantes. Sin embargo, la

PREGUNTA 5. (2,5 puntos) Responda TODOS los apartados planteados.**PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN**

El deterioro como consecuencia de la oxidación es un gran problema económico para industrias que utilizan estructuras de hierro o de acero, sobre todo si se encuentran en ambientes húmedos o directamente en contacto con el agua, como plataformas sumergidas en el mar, tuberías subterráneas o cascos de barcos. En estos casos, la oxidación para formar óxido de hierro(III) es muy rápida y supondría grandes inversiones económicas tener que sustituir frecuentemente las partes oxidadas.

Una solución para evitar la oxidación del hierro y del acero es incorporar a la estructura piezas de otros metales que puedan formar con el hierro una pila galvánica en la que éste sea el cátodo y el otro metal funcione como ánodo. A este método de protección se le llama protección catódica y a las piezas metálicas utilizadas para ello se les llama ánodos de sacrificio.

Uno de los metales más usados como ánodo de sacrificio es el magnesio, que puede obtenerse a partir del agua del mar, donde se encuentra disuelto en forma de $MgCl_2$ y de sulfato de magnesio. Una vez separado el $MgCl_2$ sólido, se procede a su电解在 estadio fundido obteniéndose magnesio y cloro gaseoso.

En la corteza terrestre también está presente el magnesio en forma de $MgCO_3$ ($K_s = 3,5 \cdot 10^{-3}$), compuesto insoluble al igual que otras especies de este metal como el fosfato de magnesio ($K_s = 1,04 \cdot 10^{-2}$), el MgF_2 ($K_s = 5,16 \cdot 10^{-11}$) o el $Mg(OH)_2$ ($K_s = 5,61 \cdot 10^{-12}$).

a) Justifique cuáles de los metales de la Tabla pueden utilizarse como ánodo de sacrificio. (0,5 puntos)

b) Calcule la intensidad de corriente necesaria para obtener una producción diaria de 10 kg de magnesio metálico por electrólisis de $MgCl_2$ fundido, escribiendo la reacción correspondiente. (0,5 puntos)

Datos: $F = 96500\text{ C mol}^{-1}$, Masa atómica relativa: $Mg = 24,3$

c) A partir del equilibrio de solubilidad del $MgCO_3$, determine la masa de magnesio que hay disuelta en 25 L de disolución saturada de dicha sal. (1 punto)

d) Nombre o formule los cuatro compuestos que aparecen en negrita en el texto. (0,5 puntos)

Tabla. Potenciales normales de reducción

Electrodo	$E^\circ(V)$
Ag^+/Ag	+0,80
Cu^{2+}/Cu	+0,34
Fe^{3+}/Fe	-0,04
Zn^{2+}/Zn	-0,76
Al^{3+}/Al	-1,67
Mg^{2+}/Mg	-2,38

Figura 1. Pregunta formulada en PAU de Andalucía.

Reproducido de Ref. [9].

PREGUNTA 1. (2 puntos)

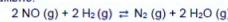
1. Los óxidos de nitrógeno (NO_x) son una familia de compuestos gaseosos formados en procesos de combustión a altas temperaturas, como en motores diésel, plantas industriales y centrales eléctricas. Los más comunes son el NO y el NO_2 . En el aire, los NO_x reaccionan con otros compuestos y forman smog fotoquímico, una niebla contaminante que dificulta la respiración y afecta especialmente a personas con asma o problemas pulmonares. También contribuyen a la lluvia ácida, que daña suelos, bosques, ríos y edificios. Además, los NO_x ayudan a la formación de ozono en la parte baja de la atmósfera, un gas que, aunque en la capa de ozono es beneficioso, a nivel del suelo es tóxico para los seres vivos y perjudica el crecimiento de las plantas.



Los compuestos reductores, como el amoníaco o el Adblue (disolución acuosa de urea) usado en vehículos diésel, descomponen los NO_x en componentes menos dañinos, como el nitrógeno y el vapor de agua, reduciendo así las emisiones ambientales.

El hidrógeno molecular (H_2) se está estudiando como agente reductor alternativo para la eliminación de NO_x , ya que ofrece ventajas como que puede funcionar a temperaturas más bajas que otros métodos y, si el hidrógeno proviene de fuentes renovables, ayuda a reducir aún más la contaminación. Esto lo convierte en una alternativa prometedora para hacer que los motores y las industrias sean más limpias y respetuosas con el medio ambiente.

En una prueba utilizando este último método de eliminación de NO_x , se introdujeron en un recipiente un mol de monóxido de nitrógeno y otro mol de dihidrógeno, y se calentaron hasta 750 K, alcanzándose el siguiente equilibrio:



En el equilibrio, la presión total fue de 10,9 atm y el grado de dissociación del NO fue 0,7.

a) Calcule las presiones parciales de todos los componentes en dicho equilibrio. (1,2 puntos)

b) Calcule los valores de K_p y K_c para ese equilibrio a 750 K. (0,8 puntos)

Dato: $R = 0,082\text{ atm L mol}^{-1}\text{ K}^{-1}$.

Figura 2. Pregunta formulada en PAU de Aragón. Reproducido de Ref. [10].

resolución del problema planteado no precisa la lectura completa del enunciado, ya que toda la información necesaria se concentra en las últimas líneas. Por ello, la utilidad didáctica del ejercicio mejoraría planteando alguna cuestión relacionada directamente con el contexto que se describe (por ejemplo, razonar si un aumento de la presión total en la reacción descrita contribuiría a reducir la contaminación por monóxido de nitrógeno).

Las preguntas competenciales relacionadas con el bloque de "Química orgánica" son menos frecuentes, pero la Figura 3 ofrece un texto relativo al ácido láctico que incluye información acerca de su descubrimiento, su relación con el metabolismo, sus aplicaciones en medicina, la existencia de enantiómeros, su síntesis, etc. Esta completa contextualización, contribuye directamente a la adquisición de la CE6 del currículo, según la cual el alumnado debe "reconocer la

PREGUNTA COMPETENCIAL N° 1

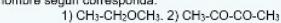
El ácido láctico [ácido 2-hidroxipropanoico] es un compuesto químico que interviene en diversos procesos biológicos, como, por ejemplo, la fermentación láctica. Fue refinado por primera vez por el químico sueco Carl Wilhelm Scheele en 1780 a partir de leche agria.

Existen dos enantiómeros: L-ácido láctico y D-ácido láctico, y uno de sus polímeros (PLA) se utiliza para fabricar suturas quirúrgicas que se disuelven gradualmente en el cuerpo, eliminando la necesidad de retirarlas. Por otro lado, el ácido láctico se produce en el cuerpo humano durante el ejercicio intenso, cuando la demanda de oxígeno supera el suministro. La acumulación de ácido láctico en los músculos es responsable de la sensación de fatiga y dolor muscular.

El ácido láctico tiene multitud de aplicaciones en distintos campos como en cosmética, donde se utiliza como la alternativa al uso de la glicerina como suavizante. También es usado como componente en cremas anti-edad para suavizar los contornos faciales, reducir el daño producido por la luz solar, mejorar la textura y el tono de la piel, así como su aspecto en general. También se utiliza en productos alimentarios como regulador de acidez. Es un ingrediente de los alimentos procesados y se emplea como descontaminante durante el procesamiento de la carne. El ácido láctico se produce comercialmente tanto por fermentación de carbohidratos como la glucosa, sacárosa o lactosa, como por síntesis química.

A la vista de toda esta información se le propone que conteste las siguientes cuestiones:

- Esciba la fórmula del ácido láctico y justifique la existencia de enantiómeros en el ácido láctico.
- Esciba las reacciones de neutralización del ácido láctico con hidróxido de sodio y de esterificación con etanol. Nombre los productos obtenidos.
- ¿Qué producto se obtendría al oxidar el ácido láctico? Esciba la correspondiente reacción de oxidación y, formule y nombre el producto que se obtiene. ¿Qué tipo de agente oxidante se podría utilizar?
- Formule o nombre según corresponda:



3) N-etyl-N-metilpropanamina. 4) Benzoato de etilo 5) Etanolial

Figura 3. Pregunta formulada en PAU de Canarias.

Reproducido de Ref. [11].

Química como un área de conocimiento multidisciplinar y versátil poniendo de manifiesto las relaciones con otras ciencias y campos de conocimiento" (p.335).^[5]

Un aspecto fundamental de los currículos de Química que tradicionalmente se ha obviado en las pruebas de acceso a la universidad es el trabajo experimental. A pesar de que la CE1 del currículo actual incide en la base experimental de esta disciplina, la situación no ha cambiado sustancialmente en las nuevas PAU, siendo escasos los distritos universitarios en los que se ha planteado alguna pregunta que implique el conocimiento de las técnicas experimentales. Sin embargo, en la pregunta competencial del examen de Galicia, reproducida en la Figura 4, no solo se hace alusión a una de estas técnicas, sino que además se requiere que los estudiantes diseñen un experimento y que evalúen la utilidad de un método experimental para la resolución de un problema ambiental. De este modo, también estarían implicados aspectos de otras competencias específicas, al relacionarse con las aplicaciones prácticas de la química y sus repercusiones en el medioambiente (CE2), la importancia del uso responsable de los productos y procesos químicos (CE3) y las técnicas de trabajo propias de las ciencias experimentales (CE5).

Suponga que usted trabaja en el departamento de emergencias de una fábrica que emplea ácido clorhídrico (HCl) en el proceso de producción, y debe elaborar un procedimiento para neutralizar el ácido en caso de derrame accidental, para lo que dispone de una gran cantidad de disolución de hidróxido sódico ($NaOH$) en el almacén de la fábrica. La reacción entre ambas sustancias genera un producto inocuo: $HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$. Sin embargo, usted sabe que al mezclar directamente un ácido y una base fuertes se desprende gran cantidad de calor que podría elevar la temperatura del derrame hasta límites peligrosos. Por ello, es importante cuantificar el calor desprendido en el proceso de neutralización teniendo en cuenta las condiciones de trabajo en la fábrica: todos los productos se almacenan a 25°C en disolución; la concentración de la disolución de $NaOH$ es 1 M y la del HCl 2 M.

1.1. Diseñe un aparato para determinar, de forma aproximada, la entalpía de la reacción de neutralización del HCl con el $NaOH$ en las condiciones del supuesto vertido, a 25°C. Para llevar a cabo el diseño debe escoger el material que considere más apropiado de entre el que se indica a continuación, y describir cómo sería el procedimiento que realizaría para determinar la entalpía en el dispositivo diseñado. Material: vaso de precipitados, tela aislante, tapón de corcho del tamaño del vaso de precipitados, termómetro, tijeras, punzón para hacer agujeros, matraz aforado, tapón de vidrio del tamaño del matraz aforado, bureta, probeta, varita agitadora y cinta adhesiva. (1 punto)

Tabla I	
Tiempo (segundos)	Temperatura (°C)
0	25,00
15	30,16
30	34,19
45	34,18
60	34,16

Nota: considere que la densidad de la disolución resultante de mezclar el ácido con la base es 1 g/cm^3 , que su capacidad calorífica es igual a la del agua, $4,18\text{ J/g°C}$, y que los volúmenes son additivos. Desprecie la capacidad calorífica del calorímetro.

1.2. Suponga que llevó a cabo un experimento para determinar la entalpía de la reacción de neutralización con el aparato que diseñó, empleando 100 mL de la disolución de HCl y 200 mL de la disolución de $NaOH$, y obtuvo los resultados mostrados en la Tabla I. A partir de estos datos calcule la entalpía de neutralización molar en las condiciones de trabajo de la fábrica. (1 punto)

1.3. En el caso de un vertido accidental se trabajaría con grandes volúmenes de ácido y base. Alterna este hecho la temperatura máxima que podría alcanzar la mezcla de neutralización? Teniendo esto en cuenta, discuta razonadamente si considera que este sería un buen método de neutralización. (0,5 puntos)

Figura 4. Pregunta formulada en PAU de Galicia. Reproducido de Ref. [12].

Para concluir este análisis, en las Figuras 5 y 6 se reproducen sendas preguntas planteadas en la PAU de Murcia cuya contextualización se enmarca en entornos muy próximos a los alumnos, al describir, respectivamente, las propiedades de un

compuesto empleado en las pantallas táctiles y el problema de la eutrofización en el Mar Menor. En la resolución de las cuestiones planteadas, al mismo tiempo que se precisa la aplicación de los contenidos químicos aprendidos, se ponen en juego aspectos de todas las competencias específicas al implicar el reconocimiento del papel relevante de la química (CE1), sus aplicaciones prácticas y repercusiones en el medioambiente (CE2), el uso correcto del lenguaje químico (CE3), la importancia del uso responsable de los productos y procesos químicos (CE4), la aplicación de técnicas de trabajo propias de las ciencias experimentales (CE5) y la multidisciplinariedad de la química (CE6). Así, preguntas como estas ponen de manifiesto la estrecha relación que existe entre el aprendizaje de los contenidos de la asignatura y su aplicación a contextos cercanos a los estudiantes.^[14]

BLOQUE 1. ESTRUCTURA ATÓMICA Y ENLACE QUÍMICO. Elegir una cuestión, 1A o 1B

1A El indio es un elemento metálico perteneciente al grupo de los boróideos o térreos y de alto valor económico por sus aplicaciones tecnológicas. Se utiliza para fabricar un compuesto denominado ITO (Indium Tin Oxide), un óxido de indio(III) dopado con óxido de estanio(IV), que es un componente de las pantallas táctiles.

a) Los dos metales presentes en el ITO, el **indio** y el **estanio**, son elementos representativos y contiguos en el Sistema Periódico. Escríba sus símbolos atómicos e indique a qué periodo pertenecen. (0,40 puntos)

b) Escriba las configuraciones electrónicas de ambos metales y, en base a ellas, justifique brevemente los estados de oxidación que presentan en el ITO, indicando que electrones pierde cada uno de ellos. (0,60 puntos)

c) El indio debe su nombre a una linea brillante de color indigo de su espectro atómico de emisión. Si un electrón excitado del indio se encuentra en un orbital 4f, indique qué valor tomará su número cuántico l . (0,30 puntos)

d) En la siguiente tabla se dan los valores de los propiedades atómicas para el indio y el estanio. Explique brevemente cuál de ellos se correspondería con el Elemento 1 y cuál con el Elemento 2. (0,40 puntos)

	Elemento 1	Elemento 2
Radio atómico (Å)	1,56	1,45
Energía de ionización (kJ mol^{-1})	558	709

e) Teniendo en cuenta la tabla anterior, explique brevemente a cuál de los dos elementos (1 o 2) corresponderá un valor de electronegatividad 1,8 y a cuál un valor 2,0. (0,30 puntos)

Figura 5. Pregunta formulada en PAU de Murcia. Reproducido de Ref. [13].

PREGUNTA 5.- (2,5 puntos). Responda TODOS los apartados planteados.

PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN

El deterioro como consecuencia de la oxidación es un gran problema económico para industrias que utilizan estructuras de hierro o de acero, sobre todo si se encuentran en ambientes húmedos o directamente en contacto con el agua, como plataformas sumergidas en el mar, tuberías subterráneas o cascos de barcos. En estos casos, la oxidación para formar **óxido de hierro(III)** es muy rápida y supondría grandes inversiones económicas tener que sustituir frecuentemente las partes oxidadas.

Una solución para evitar la oxidación del hierro y del acero es incorporar a la estructura piezas de otros metales que puedan formar con el hierro una pila galvánica en la que éste sea el cátodo y el otro metal funcione como ánodo. A este método de protección se le llama protección catódica y a las piezas metálicas utilizadas para ello se les llama ánodos de sacrificio.

Uno de los metales más usados como ánodo de sacrificio es el magnesio, que puede obtenerse a partir del agua del mar, donde se encuentra disuelto en forma de MgCl_2 y de sulfato de magnesio. Una vez separado el MgCl_2 sólido, se procede a su electrolisis en estado fundido obteniéndose magnesio y cloro gaseoso.

En la corteza terrestre también está presente el magnesio en forma de MgCO_3 ($K_s = 3,5 \cdot 10^{-3}$), compuesto insoluble al igual que otras especies de este metal como el **fosfato de magnesio** ($K_s = 1,04 \cdot 10^{-4}$), el MgF_2 ($K_s = 5,16 \cdot 10^{-11}$) o el Mg(OH)_2 ($K_s = 5,61 \cdot 10^{-12}$).

a) Justifique cuáles de los metales de la Tabla pueden utilizarse como ánodo de sacrificio. (0,5 puntos)

b) Calcule la intensidad de corriente necesaria para obtener una producción diaria de 10 kg de magnesio metálico por electrólisis de MgCl_2 fundido, escribiendo la reacción correspondiente. (0,5 puntos)

Datos: $F = 96500 \text{ C mol}^{-1}$, Masa atómica relativa: $\text{Mg} = 24,3$

c) A partir del equilibrio de solubilidad del MgCO_3 , determine la masa de magnesio que hay disuelta en 25 L de disolución saturada de dicha sal. (1 punto)

d) Nombre o formulae los cuatro compuestos que aparecen en negrita en el texto. (0,5 puntos)

Figura 6. Pregunta formulada en PAU de Murcia. Reproducido de Ref. [13].

hasta 2024 no se ha legislado acerca de su integración en las pruebas de acceso a la universidad. Para que este enfoque competencial de la PAU pueda revertir en un mejor aprendizaje de la química, debe contemplar la contextualización de los problemas planteados en ámbitos próximos a los alumnos, requerir la aplicación de técnicas de trabajo propias de las ciencias experimentales y presentar las relaciones con otras ciencias, de forma que el alumnado sea capaz de aplicar los conceptos aprendidos a la resolución de situaciones reales. Es de esperar que, aunque en esta primera convocatoria de la nueva PAU el grado de inserción de los contenidos competenciales ha sido desigual en las distintas CCAA, los materiales educativos que constituyen los exámenes y modelos propuestos sirvan de orientación al profesorado de Química para mostrar en sus clases una visión más integradora de esta ciencia que ayude a que los estudiantes sean conscientes de su relevancia en el desarrollo de la sociedad. No obstante, es imprescindible seguir avanzando según las líneas marcadas por la CRUE hacia una homogeneización de la PAU en todo el territorio nacional que aborde, entre otras cuestiones, una definición clara y operativa de lo que implica una tarea competencial en química. De este modo, los avances realizados revertirán en una evaluación más justa y una formación más integral de las nuevas generaciones.

De hecho, uno de los motivos principales por los que las innovaciones curriculares no llegan a consolidarse reside en no haberse plasmado adecuadamente en pruebas de evaluación de carácter externo, como es la PAU.^[1, 2, 7, 15] En este sentido, se puede afirmar que si estas pruebas están bien diseñadas y correctamente alineadas con los saberes básicos y las competencias del currículo pueden contribuir a promover la transformación social, ya que la tipología de las evaluaciones externas está estrechamente ligada al modelo de sociedad que se aspira a construir.^[16]

Bibliografía

- [1] F. L. Alda, M. J. Gil, M. J. Rodríguez, en *Biology Education Research. Contemporary topics and directions* (Eds.: B. Puig, P. Blanco Anaya, M. J. Gil Quílez, M. Grace), Servicio de Publicaciones. Universidad de Zaragoza, España, **2020**, 33-45.
- [2] A. de la Fuente, Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid, **2021**.
- [3] Real Decreto 534/2024, de 11 de junio, por el que se regulan los requisitos de acceso a las enseñanzas universitarias oficiales de Grado, las características básicas de la prueba de acceso y la normativa básica de los procedimientos de admisión, *BOE* 12 jun. **2024**, (142), disponible en <https://www.boe.es/eli/es/rd/2024/06/11/534/con> (consultado: 13/10/2025).
- [4] CRUE “La propuesta de CRUE sobre la prueba de acceso a la Universidad abre la senda hacia una homogeneización”, disponible en <https://www.crue.org/2024/09/propuesta-de-acuerdos-minimos-sobre-las-orientaciones-de-materias-de-acceso-y-admision-a-la-universidad>, **2024** (consultado: 22/06/2025).
- [5] Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato, *BOE* 6 abr. **2022**, (82), disponible en <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/04/05/243/con> (consultado: 13/10/2025).
- [6] A. Caamaño, *Educ. Quim.* **2001**, 12(1), 7-17, <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2001.1.66360>.
- [7] E. Banet, *Ens. Cien.* **2010**, 28(2), 199-214, <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v28n2.165>.
- [8] J. M. Oliva, R. Franco-Mariscal, M. L. A. Gil-Montero, Ápice. *Revista de Educación Científica* **2018**, 2(1), 1-17, <https://doi.org/10.17979/arec.2018.2.1.3197>.

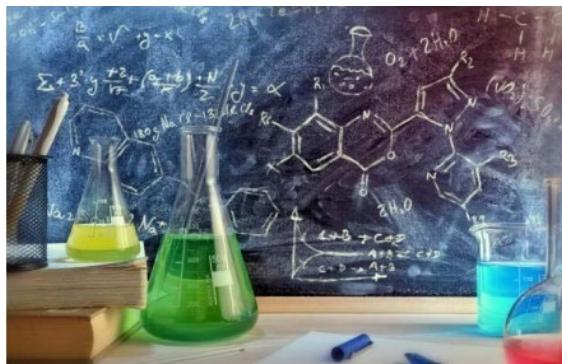
- [9] Distrito Único Andaluz "Exámenes y orientaciones sobre la prueba de acceso y/o admisión a la universidad", disponible en <https://www.juntadeandalucia.es/economiaconocimiento/empresasyuniversidad/squit>, 2025 [consultado: 22/06/2025].
- [10] Universidad de Zaragoza "Exámenes y criterios de corrección de convocatorias anteriores", disponible en <https://academico.unizar.es/acceso-admision-grado/pau/exame>, 2025 [consultado: 22/06/2025].
- [11] Gobierno de Canarias "PAU 2025", disponible en <https://www.gobiernodecanarias.org/educacion/web/bachillerato/pau/pau/index.html>, 2025 [consultado: 22/06/2025].
- [12] Comisión interuniversitaria de Galicia "Proba de avaliación de bacharelato para o acceso á universidade", disponible en <https://ciug.gal/gal/pau>, 2025 [consultado: 22/06/2025].
- [13] Universidad de Murcia "Acceso a la Universidad para estudiantes de Bachillerato y Ciclos Formativos", disponible en <https://www.um.es/web/estudios/acceso/estudiantes-bachillerato-y-ciclos-formativos>, 2025 [consultado: 22/06/2025].
- [14] H. Ruiz Martín, «*Edumitos. Ideas sobre el aprendizaje sin respaldo científico*», International Science Teaching Foundation, Barcelona, 2023.
- [15] M. C. Linn, *J. Res. Sci. Teach.* **1987**, 24(3), 191-216.
- [16] F. J. Murillo, N. Hidalgo, *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa* **2015**, 8(1), 5-9, <https://doi.org/10.15366/rie2015.8.1>.



Almudena de la Fuente Fernández

Colegio Nuestra Señora de los Ángeles (Madrid).
Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Química y de la Física.
C-e: almudena_f@nsangelesmdmadrido365.educamos.com
ORCID: 0000-0003-0170-3886

Almudena de la Fuente es licenciada en Ciencias Químicas (UAM, 1991), máster en Investigación e Innovación educativas (UNED, 2015) y doctora en Educación en el área de Didáctica de las Ciencias Experimentales (UAM, 2021). Desde 1992 es profesora de Física y Química en Educación Secundaria y es autora de materiales educativos disponibles en línea. También ha sido profesora asociada de la Facultad de Educación y Formación del Profesorado de la Universidad Complutense de Madrid. Sus líneas de investigación giran en torno a la educación comparada, el diseño curricular y la evaluación educativa.



Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y la Química



Jornada:

"Nuevos enfoques para la didáctica e historia de la física y la química". 14 de noviembre de 2025.

La jornada está organizada por el *Grupo Especializado en Didáctica e Historia de la Física y la Química* (GEDH), común a las *Reales Sociedades Españolas de Física* (RSEF) y de *Química* (RSEQ), en colaboración con el *Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad Politécnica de Madrid* (UPM), el *Grupo de Innovación Educativa de Didáctica de la Química* (UPM), la *Sección Territorial de Madrid de la RSEQ*, los proyectos educativos europeos *Scientix* y *Science on Stage*, y el programa ACIERTAS de la *Confederación de Sociedades Científicas de España* (COSCE). El objetivo principal es **favorecer el intercambio de ideas y experiencias sobre temas de didáctica e historia de las ciencias en general, y física y química en particular**.

• **Lugar de celebración:** E.T.S. de Ingenieros Industriales (Universidad Politécnica de Madrid)

Información actualizada: ♦ <https://gedh.rseq.org/actividadesgedh/> ♦ gedh@rseq.org

Inscripción (gratuita): ♦ <https://www.ice.upm.es/Actividades/?c=FC> (formación continua)

Resonancia ludocognitiva en juegos educativos para la enseñanza de la Física y Química

Fundamento teórico y claves prácticas para un diseño con sentido pedagógico

Ludocognitive resonance in educational games for teaching physics and chemistry

Theoretical foundation and practical guidelines for pedagogically meaningful game design

Pablo Ortega Rodríguez

IES Villa de Mijas, Mijas, España.

PALABRAS CLAVE:

Juego educativo
Resonancia ludocognitiva
Diseño de juegos
Experiencias de aula
Educación Secundaria

RESUMEN:

En este artículo se exploran las posibilidades pedagógicas de los juegos de mesa educativos en la enseñanza de la Física y Química. Se introduce el concepto de resonancia ludocognitiva, destinado a definir el máximo grado de conexión que se produce entre lo que se hace durante el juego y el aprendizaje que se pretende adquirir, argumentando que dicha conexión potencia el aprendizaje. A través del análisis de experiencias concretas, se evidencian las ventajas de diseñar juegos en los que los distintos elementos estén al servicio del objetivo de aprendizaje. Finalmente, se proponen claves prácticas para lograr una integración efectiva entre el diseño lúdico y la enseñanza de contenidos científicos.

KEYWORDS:

Educational game
Ludocognitive resonance
Game design
Classroom experiences
Secondary education

ABSTRACT:

In this article, the pedagogical potential of educational board games in the teaching of Physics and Chemistry is explored. The concept of ludocognitive resonance is introduced, referring to the highest degree of connection between the actions performed during the game and the intended learning outcomes, arguing that this connection enhances learning. Through the analysis of specific experiences, the advantages of designing games in which the various elements serve the learning objective are demonstrated. Finally, practical guidelines are proposed to achieve an effective integration between game design and the teaching of scientific content.

Homo ludens

El juego es un elemento que ha formado parte de todas las culturas, y del que hemos encontrado pruebas con incluso más de 5000 años de antigüedad. El *Senet*, el *Juego Real de Ur* (Figura 1) o el *Mancala* son algunos de los juegos de mesa que, a lo largo de la historia, han representado el orden social, los valores culturales o la jerarquía de poder, formando parte de la educación integral de las personas más jóvenes y preparándolas para su futuro rol en sociedad.

No en vano, la especie humana, definida como *Homo sapiens* por nuestra capacidad de pensar, u *Homo faber* por nuestra capacidad de fabricar, también es referida como *Homo ludens* por nuestra capacidad de jugar y de convertir en juego cualquier actividad.^[2]

Ahora bien, para analizar la relación entre el juego de mesa y los procesos de enseñanza y aprendizaje, es necesario contar con un elemento tangible, ya que el concepto de juego se puede acoger a distintas interpretaciones atendiendo a las características particulares del ámbito que se considere. Así, si tomamos como referencia el contexto educativo, la definición más adecuada para juego quizás sea la «acción u



Figura 1. Tablero original del Juego Real de Ur, expuesto en el British Museum (n.º de catálogo: 120834). Reproducido de Ref. [1].

ocupación libre, que se desarrolla dentro de unos límites temporales y espaciales determinados, según reglas absolutamen-

CÓMO CITAR: P. Ortega. An. Quím. RSEQ 2025, 121, 224-230, <https://doi.org/10.62534/rseq.aq.2061>

te obligatorias, aunque libremente aceptadas, que tiene su fin en sí misma y va acompañada de un sentimiento de tensión y alegría y de la conciencia de "ser de otro modo" que en la vida corriente».^[2]

Esta definición de juego incluye aspectos propios de una actividad educativa: reglas y límites temporales y espaciales; y otros que la trascienden, ya que el juego en clase no es libre, sino dirigido, y su finalidad está determinada por los objetivos de aprendizaje. Aquí es donde entran en juego los juegos de mesa educativos.

Potencial de los juegos de mesa educativos

Los juegos educativos son aquellos que tienen como finalidad la adquisición de uno o varios aprendizajes, y, si bien no tienen como objetivo último la diversión, ello no implica que deban ser aburridos. De hecho, la capacidad de divertir será uno de los factores que determinen la eficacia de un juego educativo, ya que será la que permita motivar al alumnado, atrayendo su atención y dirigiéndola hacia donde sea más necesaria en términos de aprendizaje. Pero, independientemente de la motivación que puedan generar los juegos de mesa, la revisión del impacto de su uso en el ámbito educativo nos lleva a pensar que, como herramienta didáctica, se puede esperar que no solo mejoren las interacciones interpersonales entre los participantes, una de las soft skills relacionadas con los principios pedagógicos de las distintas etapas educativas, sino también la comprensión del conocimiento.^[3]

Además, estudios como el de Howard-Jones y Jay señalan que la experiencia lúdica, especialmente cuando incluye recompensas inciertas o desafiantes, estimula la liberación de dopamina, un neurotransmisor implicado tanto en la motivación como en el refuerzo de la atención y la consolidación de la memoria. Esta interacción entre juego, recompensa y memoria convierte al entorno lúdico en un marco especialmente valioso para favorecer el aprendizaje en contextos educativos.^[4] Por tanto, si bien es necesario tener en cuenta que una parte considerable de la investigación sobre la relación entre juego y aprendizaje se ha centrado en el uso de los videojuegos, contamos con evidencias sólidas que apuntan al potencial educativo de los juegos de mesa.

Elementos de un juego de mesa

A partir de aquí, y para avanzar en el análisis de la conexión juego-aprendizaje, es necesario que tengamos en cuenta cuáles son los elementos básicos que forman parte de un juego de mesa. Así, si tomamos como referencia el marco MDA (*Mechanics, Dynamics, Aesthetics*) de Hunnicke, LeBlanc y Zubek, y lo complementamos diferenciando además reglas y componentes, podemos distinguir:^[5]

1. Los elementos físicos o componentes: tableros, dados, cartas, fichas, etc., que permitirán hacer posibles las acciones durante la partida.
2. Las mecánicas, es decir, las acciones que podemos realizar cuando jugamos. Lanzar un dado, avanzar por el tablero o establecer alianzas son algunas de las mecánicas que pueden formar parte de un juego (podemos encontrar muchos más ejemplos de mecánicas de juegos de mesa en la web especializada Board Game Geek, disponible en: <https://boardgamegeek.com/browse/boardgame/mechanic>).^[6]
3. Las reglas, que establecen los límites de nuestras acciones, el sentido que tienen y cuál es el objetivo de estas. Por ejemplo, cuándo lanzar un dado, qué hacer con el

resultado obtenido y cómo ello contribuye a alcanzar el objetivo de victoria.

4. La estética o coherencia interna entre los elementos del juego. Por ejemplo, en un juego diseñado para enseñar la formación de enlaces químicos, es adecuado utilizar componentes que se puedan ensamblar de diferentes formas, ilustrando así la versatilidad de los elementos químicos a la hora de formar enlaces; y esos componentes son coherentes con la mecánica «unir o colocar piezas», más conocida como «colocación de losetas». Así, en el juego *BichitoZ*, las fichas, que representan elementos químicos, cuentan con una serie de huecos y salientes en función de su capacidad de combinación; y estas fichas tienen que conectarse con otras fichas al colocarse sobre la mesa (Figura 2).



Figura 2. Ficha del juego *BichitoZ* utilizada para representar al hidrógeno.

5. Y, por último, la dinámica o sentimientos que despierta el juego entre las personas que juegan. Acciones como intentar ensamblar las fichas que representan los elementos químicos de la manera más beneficiosa posible hacen que quienes juegan entren en un estado de búsqueda activa, conectando simbólicamente con la tendencia natural de los átomos a buscar estados energéticamente más estables.

Se puede aprender sin ganar y se puede ganar sin aprender

En las reglas de cualquier juego de mesa se establecen uno o varios objetivos a alcanzar para ganar la partida, pero es necesario destacar la diferencia entre objetivos de victoria y objetivos de aprendizaje, ya que, si bien los primeros deciden el resultado de la partida, los segundos definen su utilidad en el contexto educativo. Por tanto, serán estos últimos los que determinen el potencial educativo de un juego.

Por otro lado, los objetivos de aprendizaje están íntimamente relacionados con los criterios de evaluación (niveles de desempeño) y los saberes básicos (contenidos propios de la materia) recogidos en los Reales Decretos de enseñanzas mínimas para las distintas etapas educativas, de manera que la concreción de estos últimos determinará el sentido de los primeros.^[7,8] Así, si, a modo de ejemplo, analizamos la relación entre el criterio de evaluación 1.1 definido para la etapa de la ESO (Educación Secundaria Obligatoria): «Identificar, comprender y explicar los fenómenos fisicoquímicos cotidianos más relevantes a partir de los principios, teorías y leyes científicas adecuadas, expresándolos, de manera argumentada,

utilizando diversidad de soportes y medios de comunicación», y el saber básico perteneciente al bloque B. La materia: «Principales compuestos químicos: su formación y sus propiedades físicas y químicas, valoración de sus aplicaciones. Masa atómica y masa molecular», podríamos extraer un objetivo de aprendizaje como: «Comprender y explicar la formación de enlaces químicos a partir de la regla del octeto, valorando la versatilidad de los elementos para formar distintos compuestos». Tomando como referencia dicho objetivo, se podría diseñar un juego que permitiese aprender cómo se produce la unión entre elementos, y cómo las diferentes uniones dan lugar a la formación compuestos con distintas propiedades.

Ahora bien, la capacidad del juego para promover ese aprendizaje estará directamente relacionada con las acciones que podemos realizar durante la partida (mecánicas del juego), teniendo un alcance mayor si el ajuste es el adecuado, lo cual no resulta sencillo.

Consideración de las mecánicas de juego

La adecuación de los elementos que componen el juego al objetivo de aprendizaje será determinante a la hora de su consecución. Por tanto, trataremos que todos los elementos del juego, desde los componentes hasta la dinámica, se ajusten a aquello que el alumnado tenga que aprender, siendo siempre conscientes de los límites que enfrentamos, especialmente en lo que se refiere a conocimiento de las mecánicas básicas.

Para ilustrar este último punto, tomemos un ejemplo. En Alemania, con una población de unos 83 millones de habitantes, se estima que se compran unos 50 millones de juegos al año, facturándose anualmente más de 900 millones de dólares, unas 8 veces más que en España. Además, se organizan eventos como la feria *Spiel Essen*, a la que asistieron más de 200 000 personas en 2024, o la *Parliamentary Gaming Night*, a la que han acudido reconocidas personalidades del mundo político como Bärbel Bas, presidenta del *Bundestag* (equivalente al Congreso de los Diputados en España).^[9] En España, si bien la industria de los juegos de mesa ha sido catapultada desde la pandemia de COVID de 2019, no se alcanzan esas cifras, y los juegos de mesa más vendidos, como *Trivial*, *Monopoly* o, más recientemente, *Virus!*, cuentan con mecánicas muy sencillas como lanzar un dado, avanzar por el tablero o responder a una pregunta.

Por tanto, esa será la referencia que marquemos a la hora de diseñar nuestro juego: las mecánicas han de ser sencillas, ya que son aquellas con las que el alumnado está familiarizado. Esto permitirá que las capacidades cognitivas se dirijan hacia el objetivo de aprendizaje, y no hacia la comprensión de las acciones que se realizan durante el juego.

Conexión juego-aprendizaje: la «resonancia ludocognitiva»

El sistema educativo actual, centrado en el desarrollo competencial, tiene como finalidad que el alumnado adquiera el nivel esperado de las distintas competencias clave, tal y como se concreta en la normativa de referencia de cada etapa.^[7,8] Y una de las características de dichas competencias es que estas se adquieren a lo largo de la vida y en distintos contextos, no limitándose al ámbito escolar. Es más, ni siquiera es necesaria la instrucción para su desarrollo, como concluyen estudios como el realizado por Saffran, Aslin y Newport. En su trabajo, demostraron que los bebés pueden aprender patrones lingüísticos de forma incidental, es decir, sin instrucción consciente, simplemente mediante la exposición repetida a secuencias de sílabas, lo que evidencia que nuestro cerebro aprende incluso

sin intención explícita.^[10] Además, el aprendizaje incidental también se produce en contextos lúdicos, como apunta el estudio realizado por Colliver. En su trabajo, Colliver analiza experiencias reales de docentes australianos sobre el aprendizaje que surge del juego en entornos escolares, determinando que, aunque muchos docentes apuntan a enfoques intencionales, gran parte del aprendizaje ocurre de forma incidental, es decir, sin planificación directa.^[11]

Teniendo en cuenta lo anterior, podemos afirmar que el simple hecho de jugar va a conducir al desarrollo competencial a través de distintos aprendizajes. Ahora bien, a medida que avanzamos por las distintas etapas educativas, encontramos que el uso de juegos de mesa debe estar dirigido hacia la adquisición de unos aprendizajes cada vez más específicos. Y, si bien el solo hecho de jugar conlleva beneficios en términos de desarrollo competencial, es necesario guiar el proceso para adquirir dichos aprendizajes. En ese sentido, el estudio de Weisberg, Zosh, Hirsh-Pasek & Golinkoff concluye que el juego guiado es más eficaz que el juego libre para promover aprendizajes estructurados, sin sacrificar la motivación ni el carácter exploratorio del propio juego.^[10]

Por tanto, podemos afirmar que jugar fomenta el desarrollo competencial, a la vez que el juego guiado es más eficaz que el juego libre a la hora de promover la adquisición de aprendizajes más específicos, como serían los necesarios para superar las etapas de la Educación Secundaria. Ahora bien, ¿todos los juegos guiados son igualmente eficaces en términos de aprendizaje? Aquí debemos pararnos a diseccionar el interior de cada juego, partiendo de la siguiente premisa: cuanto mayor sea la conexión entre las acciones que realizamos durante el juego y el objetivo de aprendizaje, mayor será la profundidad del significado con el que dotaremos a dicho aprendizaje mientras jugamos. En un estado ideal, esa conexión provocará lo que denominaremos una «resonancia ludocognitiva».

Para ilustrar este último punto, tomemos los siguientes ejemplos, todos ellos empleados en el aula y que se pueden consultar en la web: www.aprendizajebasadoenjuegos.es:

1. Una adaptación del juego comercial *Dobble* en el que los dibujos de las fichas han sido sustituidos por instrumentos de laboratorio.
2. Una adaptación del dominó (juego clásico), en el que los lados de las fichas se han completado con aspectos relacionados con las leyes de Newton.
3. El juego de mesa educativo *BichitoZ*, compuesto por una serie de fichas con distintos entrantes y salientes, que permiten múltiples formas de ensamblaje.
4. El juego educativo *Atomic Bond!*, en el que las acciones que podemos realizar dependen del elemento representado en cada carta.

Analizando estos cuatro juegos podemos comprobar la diferencia que existe entre un juego clásico o comercial que ha sido adaptado para dar cabida a contenidos propios de la materia, y un juego que ha sido diseñado específicamente para facilitar la adquisición de un aprendizaje concreto.

Así, si consideramos en primer lugar la adaptación del juego *Dobble*, (Figura 3) comprobamos que mantiene las mecánicas originales del juego (lo cual tiene sus ventajas, porque aseguramos que sea divertido, ya que es uno de los juegos más valorados entre quienes se inician en el mundo de los juegos de mesa). En este caso, los elementos gráficos de las cartas han sido sustituidos por instrumentos de laboratorio,



Figura 3. Adaptación del juego Dobble en la que se han sustituido los símbolos originales por instrumentos de laboratorio con fines didácticos.

de manera que, durante la partida, los alumnos tendrán que identificar cuál es el instrumento repetido en su carta y en la carta que haya colocada en el centro de la mesa.

Esto genera una asimetría, ya que aquel alumno o alumna que conozca los nombres de los instrumentos de laboratorio contará con ventaja, de manera que el alumnado intentará adquirir previamente ese aprendizaje para jugar en igualdad de condiciones, y lo reforzará durante el juego. Ahora bien, ¿conocer por sí solo el nombre de un instrumento de laboratorio se puede considerar un objetivo de aprendizaje? Quizá pueda serlo, pero no sería un objetivo muy ambicioso, debemos ir más allá: cuál es la utilidad de dicho instrumento, por qué tiene la forma que tiene, con qué materiales se suele fabricar, etc. Por tanto, el alcance que el juego tiene en términos de aprendizaje es limitado. Algo similar ocurre con la adaptación del dominó que da cabida a aspectos de un determinado contenido, en este caso, las leyes de Newton. (Figura 4).

Durante la partida, el alumnado intentará poner sobre la mesa sus fichas haciéndolas coincidir con otras fichas ya colocadas anteriormente, de manera que se conecten aspectos relativos a una misma ley.

De esta manera, el alumnado aprenderá cuáles son las distintas leyes y aspectos relacionados con las mismas. Pero hemos de tener en cuenta que, si bien las fichas se pueden personalizar, dando cabida a ejemplos cotidianos que ilustren

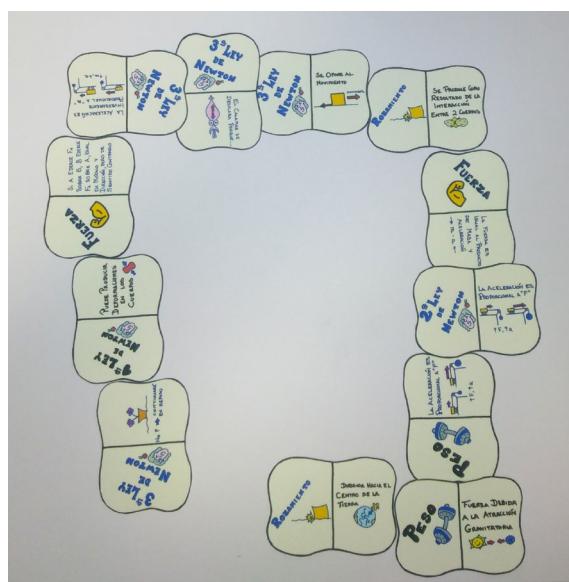


Figura 4. Adaptación del dominó en la que se han representado en las fichas aspectos relativos a las leyes de Newton.

cada ley, el alcance del juego en términos de aprendizaje también es limitado. De hecho, es posible que el significado de ese aprendizaje para el alumnado esté más relacionado con la elaboración de las fichas de dominó que con el juego en sí, ya que la acción de tomar una ficha y colocarla sobre el tablero no guarda una relación evidente con las leyes de Newton que permite su aprendizaje.

Por tanto, y tomando estos juegos como ejemplo, podríamos afirmar que, en la búsqueda de aprendizajes específicos, propios de etapas educativas medias y superiores, la adaptación de juegos comerciales resulta ciertamente limitada. Esto no implica que dichos juegos no sean de utilidad en el ámbito educativo, todo lo contrario, son excelentes juegos para introducir conceptos o para reforzar la relación entre los mismos, pero es poco probable que tengan un alcance mayor que el de una relación de ejercicios disfrazada de juego.

En otro orden encontramos los juegos educativos que han sido diseñados para la adquisición de un determinado aprendizaje, de manera que todos los elementos que componen el juego han sido ideados para ello.

En el juego *BichitoZ*, (Figura 5) las fichas, representadas como seres vivos, simbolizan a los elementos químicos, de manera que cada una de las fichas cuenta con una serie de entrantes y salientes diferentes a las del resto de fichas y que está relacionada con la capacidad de combinación de cada elemento. Durante la partida, el alumnado tendrá que ensamblar sus fichas para formar distintos compuestos y cumplir con los objetivos propuestos.



Figura 5. Representación de $H_2Cr_2O_7$ en el juego BichitoZ.

En este caso, y cumpliendo unas reglas, el alumnado podrá establecer múltiples combinaciones, generando estructuras menos rígidas que las de Lewis y dando lugar a formas muy diferentes entre sí, incluso cuando se empleen para ello las mismas fichas. Esto permitirá identificar a cada elemento como único y provocará una sensación de apertura, de posibilidades múltiples, que conectará con la versatilidad del mismo a la hora de formar enlaces. Por tanto, el alumnado no solo aprenderá a representar las estructuras de Lewis correspondientes, sino que comprenderá la singularidad de cada elemento y sus posibilidades de combinación, permitiendo alcanzar un objetivo de aprendizaje más ambicioso.

Por último, encontramos el juego *Atomic Bond!*, (Figura 6) en el que los distintos elementos químicos están representados en cartas. En dichas cartas, se indican las acciones que se pueden realizar, las cuales dependen del elemento en cuestión y guardan relación con sus propiedades y comportamiento.

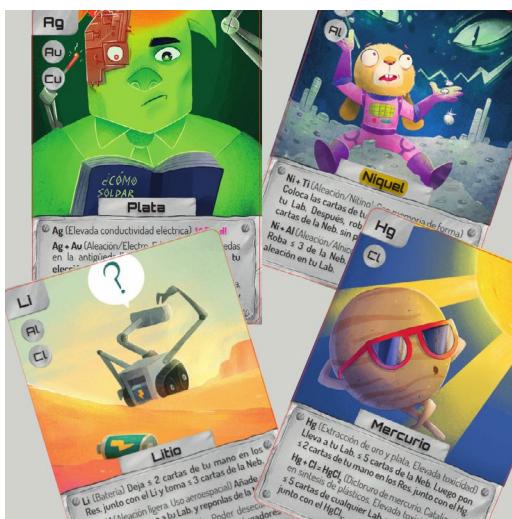


Figura 6. Cartas del juego *Atomic Bond!*, en el que los elementos, representados en cartas, permiten realizar acciones relacionadas con las propiedades de dichos elementos o los compuestos que forman.

De esta manera, el litio, empleado en la fabricación de baterías, permite «recargar» nuestra mano tomando nuevas cartas; o el mercurio, utilizado en la obtención de oro hasta que fue prohibido por su toxicidad, permite ganar directamente cartas de la baraja (beneficio), a cambio de perder otras de nuestra mano (toxicidad). De la misma forma, las propiedades de las posibles combinaciones de elementos también guardan relación con las acciones que se pueden realizar. Por ejemplo, las cartas de níquel y titanio, elementos que componen el nitinol, una aleación con memoria de forma, permiten ganar directamente las cartas que tengamos en la mano y recuperar el mismo número de cartas de la baraja. De esta manera, las acciones que se realizan durante la partida coinciden simbólicamente con el objetivo de aprendizaje, provocando una «resonancia» que retroalimenta la relación entre ambos.

Por tanto, y teniendo en cuenta lo anterior, podemos afirmar que, en estos dos últimos casos (*BichitoZ* y *Atomic Bond!*), la relación entre lo que hacemos en el juego y el objetivo de aprendizaje es más estrecha. Una relación juego-aprendizaje que, tomando como referencia el ámbito psicológico, en el que se describe la resonancia cognitiva (en contraposición a la disonancia cognitiva) como el fenómeno por el cual una idea, experiencia o información encaja o «resuena» con las estructuras mentales previas de un individuo, facilitando su comprensión, aceptación o integración, nos permitiría proponer el concepto de resonancia ludocognitiva, aplicable al contexto educativo, como la situación en la que la mecánica de un juego refleja de forma directa o simbólica aquello que se pretende aprender, potenciando así su comprensión a través de la propia acción lúdica.

Claves para el diseño de juegos educativos

La resonancia ludocognitiva constituye la cima en lo que al diseño de un juego de mesa educativo se refiere, consiguiendo que todos los elementos estén al servicio del objetivo de aprendizaje. Para alcanzarla, se puede tener en cuenta una serie de claves prácticas.

1. Es conveniente utilizar componentes que se puedan comportar como aquello que simbolizan, de manera que la representación lleve implícitos aspectos relacionados con el objetivo de aprendizaje. Por ejemplo, si queremos diseñar un juego para el estudio de la cinemática en el que un cuerpo complete un recorrido, sería conveniente que las etapas de

dicho recorrido se representasen con casillas en un tablero; teniendo en cuenta que, si el recorrido es libre, es decir, hay múltiples formas de completarlo, solo es necesario definir las posiciones inicial y final y dejar el resto de casillas libres. (Figura 7).

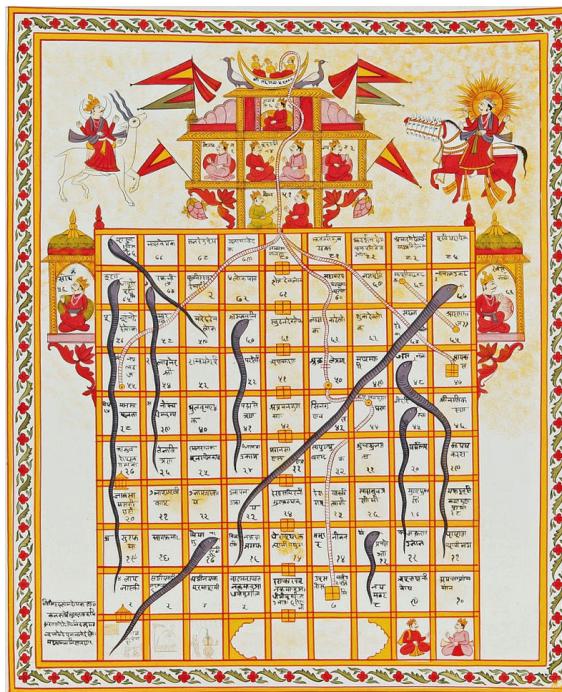


Figura 7. Tablero del juego *Snakes and Ladders*, en el que las casillas representan un recorrido predefinido. Reproducido de Ref. [13].

En cambio, si el interés durante el juego no se centra en el recorrido seguido, sino en la posición que ocupa el cuerpo en un determinado instante, sería más adecuado emplear un tablero de coordenadas. Por ejemplo, podríamos proponer un juego en el que cada alumno o alumna comenzase con un determinado número de masas de cierto color ocupando posiciones fijas (por ejemplo, representando planetas), de manera que, al realizar una serie de acciones, pudiese ir ganando fichas colocadas sobre el tablero que representasen otras masas (asteroides). (Figura 8).

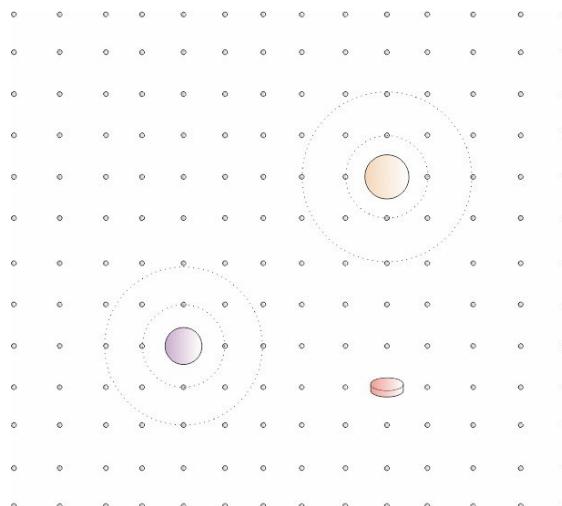


Figura 8. Tablero con coordenadas en el que aparecen dibujadas masas de distintos colores ocupando posiciones fijas, y sobre el que se colocan fichas para representar masas móviles.

Esta podría ser la base para diseñar un juego con el que el alumnado podría valorar que la atracción gravitatoria no depende solamente de la masa, sino también de la distancia, siendo consciente además de que, si bien la fuerza de atracción sufrida es la misma para la masa fija (planeta) y para la masa móvil (asteroide), el efecto para ambas es diferente, tanto como para poder considerar que la masa fija (planeta) no cambia su posición respecto del tablero.

2. Las mecánicas deben responder al objetivo de aprendizaje, por lo que es conveniente partir de los aspectos relacionados con el mismo para elegir (o inventar) las mecánicas, y no al revés. Por ejemplo, imaginemos tener que diseñar un juego para estudiar la energía y sus distintas manifestaciones, dando cabida al principio de conservación y/o las leyes de la termodinámica. Teniendo en cuenta que contamos con un cierto valor inicial de energía, y que esta se puede transferir y manifestar de distintas formas, podríamos recurrir a la mecánica «puntos de acción» (quien juega dispone de una cantidad limitada de acciones por turno que debe gestionar estratégicamente) y utilizar un marcador de energía, de manera que podríamos realizar una serie de acciones durante nuestro turno, en función del número de fichas con el que contásemos. (Figura 9).

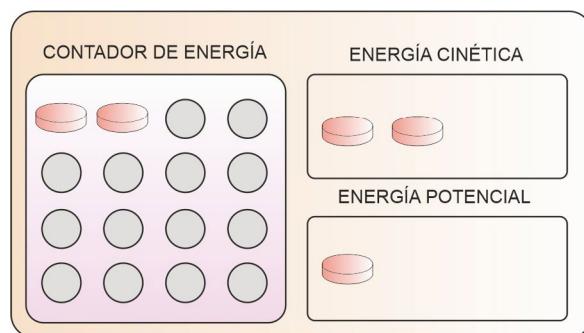


Figura 9. Tablero personal de cada alumno o alumna, en el que se distribuyen las fichas de energía.

A partir de aquí, podríamos complementar la mecánica ganando y perdiendo fichas de energía a lo largo de la partida. Por ejemplo, si repartimos nuestras fichas entre diferentes manifestaciones, tendremos que pagar el peaje de la conversión perdiendo una ficha por cada transformación, evidenciando así la disipación de energía.

3. La narrativa (estaría dentro de la estética, atendiendo al modelo MDA) tiene que ser coherente tanto con lo que se va a aprender como con lo que sucede durante el juego, para que la experiencia lúdica sea más inmersiva. Por ejemplo, y como sucede en el caso de *Atomic Bond!*, tendremos que utilizar las propiedades de los elementos representados en las cartas, así como de las combinaciones que puedan darse, pero, ¿de dónde salen esos elementos?, ¿qué hacemos con ellos?, y, ¿qué pasa después? Aquí es donde entra en juego la narrativa que acompaña al juego.

En *Atomic Bond!*, (Figura 10) somos exploradores espaciales que se adentran en una nebulosa para recoger elementos químicos, llevándolos hasta el reactor para realizar las máximas combinaciones posibles. Algunos de esos elementos, así como los productos formados, irán a nuestro laboratorio; mientras que otros serán desechados como residuos.

De esta manera, justificamos coger cartas del mazo principal (nebulosa), su colocación sobre la mesa (reactor), guar-



Figura 10. Tablero del juego *Atomic Bond!*, en el que se distinguen reactor, laboratorios y zona para residuos.
Imagen de elaboración propia.

dar las cartas ganadas (laboratorio) y desechar las utilizadas (residuos), lo cual proporciona un contexto que favorece la inmersión en el juego y potencia la motivación. Pero, además, y en términos de resonancia ludocognitiva, favorece la analogía con lo que se pretende aprender: estamos extrayendo elementos al tomar cartas, estamos combinando elementos para formar productos al colocar las cartas en el reactor y estamos desecharando los residuos que se generan al utilizar las propiedades de las sustancias.

Conclusiones

La resonancia ludocognitiva supone un enfoque a tener en cuenta para el diseño de juegos educativos, permitiendo que la acción misma de jugar impulse el aprendizaje significativo. Lejos de limitarse a repasar o entretener, un juego bien diseñado puede convertirse en una auténtica experiencia de aprendizaje, donde los componentes, la mecánica y la estética convergen con el saber científico. Apostar por este enfoque en la enseñanza de Física y Química no solo favorece la motivación del alumnado, sino que permite profundizar en la comprensión de fenómenos complejos mediante la acción simbólica, reforzando así el desarrollo competencial desde una perspectiva experiencial.

Bibliografía

- [1] "Royal Game of Ur", disponible en https://en.wikipedia.org/wiki/Royal_Game_of_Ur, 2025 (consultado: 23/10/2025).
- [2] J. Huizinga, *Homo Ludens: El juego y la cultura*, Alianza Editorial, Madrid, 2007.
- [3] T. Noda, K. Shirotaki, M. Nakao, *Biopsychosoc. Med.* **2019**, 13, 22, <https://doi.org/10.1186/s13030-019-0164-1>.
- [4] P. A. Howard-Jones, T. Jay, "Reward, Learning and Games," disponible en https://research-information.bris.ac.uk/ws/portalfiles/portal/102521125/Games_DA_Education_Revise_v7.pdf, 2016 (consultado: 12/07/2025).
- [5] R. Hunnicke, M. LeBlanc, R. Zubek, "MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research", **2004**, disponible en <https://users.cs.northwestern.edu/~hunnicke/MDA.pdf> (consultado: 12/07/2025).
- [6] Board Game Geek, "Board Game Mechanics," disponible en <https://boardgamegeek.com/browse/boardgamemechanic>, 2025 (consultado: 09/07/2025).
- [7] Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria, *BOE* 30 mar. **2022**, [76], disponible en

- <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/29/217/con> (consultado: 22/08/2025).
- [8] Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato, BOE 6 abr. 2022, (81), disponible en <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/04/05/243/con> (consultado: 22/08/2025).
- [9] Spiel Essen, "Parliamentary Gaming Night 2024 – Bundestag President Bärbel Bas attends first Parliamentary Board Game Evening in the Bundestag," disponible en <https://www.spiel-esen.de>, 2024 (consultado: 12/07/2025).
- [10] J. R. Saffran, R. N. Aslin, E. L. Newport, *Science* **1996**, 274, 1926-1928, <https://doi.org/10.1126/science.274.5294.1926>.
- [11] Y. Colliver, *Early Years* **2022**, 42, 182-199, <https://doi.org/10.1080/09575146.2019.1661976>.
- [12] D. S. Weisberg, J. M. Zosh, K. Hirsh-Pasek, R. M. Golinkoff, *Mind Brain Educ.* **2013**, 7, 104-112, <https://doi.org/10.1111/mbe.12015>.
- [13] "Snakes and ladders", disponible en https://en.wikipedia.org/wiki/Snakes_and_ladders, 2025 (consultado: 23/10/2025).



Pablo Ortega Rodríguez

Consejería de Desarrollo Educativo y Formación Profesional, Junta de Andalucía. IES Villa de Mijas.
C-e: pablolafisicayquimica@gmail.com
ORCID: 0009-0005-1480-1110

Profesor de Física y Química desde 2006, ha desempeñado los cargos de jefe de estudios y departamento, entre otros. Profesor del módulo de Normativa Educativa en el título de Dirección Pedagógica e Innovación Escolar del Centro Universitario La Salle, también ha colaborado en el máster de Formación del Profesorado de la Universidad de Alcalá de Henares, y ha participado en la elaboración de itinerarios de aprendizaje para el Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes. Autor de libros de texto para editoriales de reconocido prestigio, y del juego Atomic Bond!, elegido mejor juego educativo por la BGC Spain en 2020.



European Chemical Societies Publishing



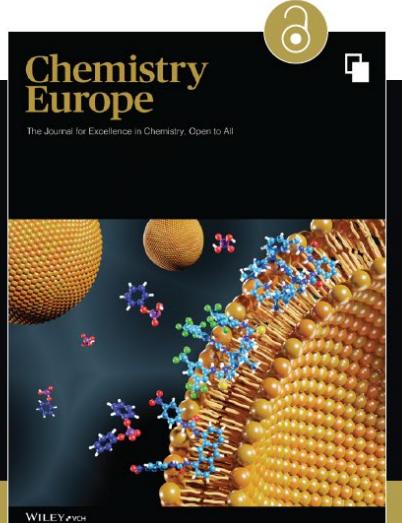
The Journal for Excellence in Chemistry, Open to All

Why publish with *ChemistryEurope*?

- Fully open access for global reach and impact
- No article publication charges until June 2026
- Highest publishing standards backed by a team of academic Editors-in-Chief and expert in-house editors
- Rapid dissemination of your research through fast editorial decisions and efficient article processing



The flagship journal of the Chemistry Europe publishing association



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
Curriculum
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

CÓMO CITAR: A. Caamaño, F. Guitart. *An. Quím. RSEQ* 2025, 121, 231-237, <https://doi.org/10.62534/rseq.aq.2063>

* C.e: aurelicaamano@gmail.com

Manuscrito recibido: 23/07/2025 · aceptado: 26/05/2025

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 contratación 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 Hierreuelo 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 RSEQ 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 (Méjico). 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		Modelo molecular Fórmula molecular
Electrónico		Diagrama de Lewis Modelo molecular -electrónico

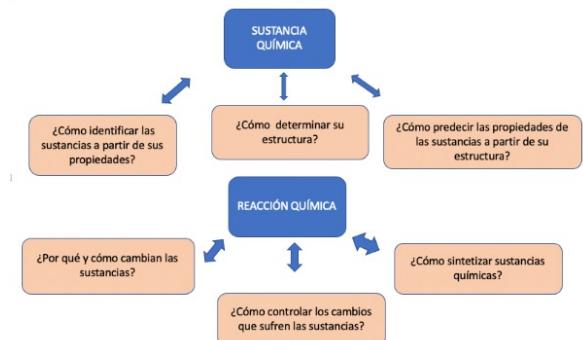
Esquema 2. Niveles descriptivos en química y formas de representación del agua sólida y su estructura molecular.

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 hechas 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,^[59] 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 Keines: 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. Ilopis, M. J. Martín-Díaz, en *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva de la ciencia-tecnología-sociedad* [Ed.: P. Membela], 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. Coroninas, *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.2006.4.e.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. Chrispino, 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. Coroninas, *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. Divulg. Cien.* **2010**, 7(1), 26-41, https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cien.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. Sevian, 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. Coroninas, A. Caamaño et al., en *Actes IV Jornades sobre l'ensenyanent de la Física i Química* [Eds.: F. Guitart, A. Caamaño], Societat Catalana de Química, Barcelona, **2011**, pp. 131-134.
- [57] F. Guitart, J. Coroninas, *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] L. Moreno, *Educ. Quím.* **2024**, 35(Nº Especial), 56-67, <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2024.4.88488e>.



Aureli Caamaño Ros

Societat Catalana de Química

C.e: aureli.caamano@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

C.e: fguitar3@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*.

Retos en el currículum español de química de la enseñanza secundaria obligatoria y del bachillerato

Challenges in the Spanish chemistry curriculum for compulsory secondary education and baccalaureate

Juan Quílez

Grupo Especializado de Didáctica e Historia – RSEF – RSEQ. Valencia. España.

PALABRAS CLAVE:

Curriculum
Enseñanza secundaria
Estructura
Sobrecarga de conceptos
Investigación educativa

RESUMEN:

Se realiza un análisis crítico del actual currículum español de química de la educación secundaria, referido en la normativa del Ministerio de Educación (ME) y de la Comunidad Valenciana (CV). En la ESO, el del ME está poco acotado y se encuentra escasamente organizado, con notables ausencias, a diferencia del de la CV, que encuentra fundamentación en la investigación en la enseñanza de la química. En el bachillerato, un número excesivo de especificaciones sobrecargan el del ME, siguiendo una tradición de rigidez curricular, que dificulta atender propuestas fundamentadas de hacerlo menos extenso y más comprensible y asequible para el alumnado.

KEYWORDS:

Curriculum
Secondary education
Structure
Concept overload
Chemistry education research

ABSTRACT:

A critical analysis is made of the current Spanish chemistry curriculum for secondary education, referring to the regulations of the Ministry of Education (ME) and of the Valencian Community (CV). In ESO, that of the ME is poorly defined and is presented with minor organization, with notable absences, unlike that of the CV, which is based on chemical education research. In the baccalaureate, an excessive number of specifications overload the ME curriculum, following a tradition of curricular rigidity, which makes it difficult to address well-founded proposals to make it less extensive and more understandable to students.

Introducción

En los veinticinco años de este siglo se han producido varios debates y se han ido elaborando distintos marcos teóricos y enfoques metodológicos para el currículum de las ciencias.^[1,2] En el caso español, la nueva ley de educación ha supuesto un nuevo ámbito normativo, que ha determinado el currículum de química mediante la publicación de los decretos del Ministerio de Educación (ME),^[3,4] así como los de la Comunidad Valenciana (CV),^[5,6] entre otros autonómicos.

El objetivo de este trabajo es el análisis del actual currículum de química de la enseñanza secundaria, referido básicamente a sus contenidos y a su organización a través de los distintos cursos de cada nivel. Este estudio se inspira en lo que emana de la investigación educativa sobre cómo mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la química. En consecuencia, a lo largo de la discusión se aportan referencias específicas a trabajos de enseñanza de la química que han generado conocimiento fundamentado sobre aspectos esenciales del currículum de esta materia.

Ánalisis del currículum

Según se ha indicado anteriormente, a lo largo de los últimos veinticinco años, diferentes trabajos han realizado un examen

crítico del currículum tradicional de las ciencias.^[7-11] Estos estudios confluyen en remarcar la existencia de una histórica rigidez disciplinar, referida tanto al contenido de estos marcos curriculares como a su desarrollo en las aulas.

Dentro del objetivo propuesto en este estudio, en el análisis de esta escasa flexibilidad curricular (como obstáculo de avance y progreso), conviene tener presente los cinco niveles interdependientes desde los que se puede realizar una revisión curricular dentro del marco de la investigación educativa:^[2,7] normativo (prescrito); interpretado (libros de texto); enseñado (profesorado); aprendido (alumnado) y evaluado. A estas cinco categorías del currículum explícito se deben añadir dos más: el currículum oculto (tácito) y el nulo (desatendido).

Si bien el cumplimiento del objetivo propuesto se centra en el análisis de la componente normativa del currículum, en la discusión se aportan también referencias correspondientes al resto de niveles. Este examen se puede facilitar mediante una categorización de las visiones restringidas y sólidamente ancladas del currículum de química.^[7,8] Cada uno de los apartados resultantes de esta clasificación está asociado a importantes carencias y enfoques educativos ampliamente cuestionados por la investigación en la enseñanza de la química, según se detalla a continuación.

CÓMO CITAR: J. Quílez. An. Quím. RSEQ 2025, 121, 238-245, <https://doi.org/10.62534/rseq.aq.2052>

1) Sobrecarga de contenidos

En el currículum de química tradicionalmente prima la extensión sobre la profundidad,^[8,12-14] con una carga conceptual excesiva,^[11] que limita lo que el alumnado puede realmente aprender.^[15,16]

2) Conocimiento previo del alumnado y construcción del pensamiento científico.

a) Normalmente, se desconsideran los conocimientos previos del alumnado como punto de partida de un aprendizaje significativo,^[17] sus formas de pensamiento,^[18] así como las ideas alternativas asociadas.^[19-21]

b) Habitualmente, no se valora la importancia que tienen los problemas de comprensión y de utilización del lenguaje académico de la química: i) referido a los términos tanto técnicos como los no técnicos;^[22-24] ii) correspondiente a sus códigos de representación: símbolos empleados, ecuaciones matemáticas y químicas, gráficas, tablas y diagramas.^[25-30]

c) Se debe destacar la enseñanza y la evaluación de ideas y de reglas fuera de su campo de acción,^[31] sin mostrar sus limitaciones,^[32-35] propiciando incluso la generación de errores conceptuales.^[36,37]

d) Con cierta frecuencia, los libros de texto de química: i) están redactados de forma poco comprensible para el alumnado,^[38] o simplemente proporcionan explicaciones demasiado sucintas o inadecuadas, lo que le dificulta la comprensión de los temas tratados;^[39] ii) introducen con escasa argumentación los distintos conceptos mediante su presentación en su forma final y acabada (retórica de las conclusiones),^[40] a veces de forma superficial e incluso errónea;^[41] iii) favorecen la memorización sin entendimiento;^[37] iv) contienen errores conceptuales,^[42-46] o son potenciales generadores de ideas alternativas.^[47,48]

e) Los tres niveles de representación química (macroscópico, submicroscópico y simbólico),^[49] que el alumnado debe comprender y emplear para entender, explicar y predecir las propiedades de las sustancias, así como los procesos en los que participan, precisan una gran demanda conceptual por su alto nivel de abstracción.^[14] En este sentido, existen dos problemas de enseñanza: i) si bien el profesorado está acostumbrado en sus explicaciones a cambiar inconscientemente de forma continua entre los tres niveles, los alumnos encuentran muy complicado seguir esos saltos mentales entre cada uno de esos modos de conceptualización;^[50-52] ii) en los libros de texto existe un número muy reducido de actividades para que el alumnado desarrolle su conocimiento entre las relaciones que debe establecer entre estos tres niveles de pensamiento químico.^[53]

3) Ausencia de relevancia

La conexión de las ideas científicas con asuntos sociales relevantes y de la vida diaria es un aspecto que precisa mejora.^[54,55] Esta falta de tratamiento adecuado de aspectos sociocientíficos se enmarca en un enfoque puramente disciplinar, con vocación propedéutica.^[7,56,57] Estos planteamientos dificultan que los estudiantes entiendan por qué es importante estudiar los contenidos de cada uno de los cursos de química.^[58] Esta ausencia de relevancia proporciona una visión de la química como una ciencia muy difícil de comprender por su alto grado de abstracción y el empleo asociado de un lenguaje científico y simbólico complicado. Como resultado, este enfoque limita el interés por el estudio de la química a una buena parte del alumnado y dificulta su adecuada formación como futuro ciudadano crítico y responsable.^[59]

4) Naturaleza de la ciencia.

Esa dimensión implica prestar una adecuada atención a la valoración de aspectos históricos y filosóficos de la química.^[40,60] Ello requiere tomar en consideración: a) el planteamiento de cuestiones epistemológicas como la siguiente: ¿cómo hemos llegado a saber lo que sabemos de química?^[61] con el análisis de su carácter tentativo,^[62] mediante las controversias y los debates producidos,^[40,63] así como de las dificultades de cambio por las resistencias manifestadas por la comunidad científica;^[63,64] b) qué ideas centrales o cuestiones epistémicas determinan su estructura (jerarquía y relaciones),^[8,13,58,65-69] que posibilitan marcos de razonamiento, comprensión y toma de decisiones;^[70] c) el papel desempeñado por científicos relevantes, sus aportaciones más significativas y su contexto social, como elementos clave de nuestra cultura.^[63]

A esta perspectiva educativa se le presta normalmente una reducida consideración,^[62,71,72] con el agravante de que ha tenido tradicionalmente una inspiración positivista,^[7,40,73] favoreciendo con ello una visión distorsionada de la naturaleza del conocimiento científico.^[74-77]

A pesar del alto valor que poseen los modelos para el aprendizaje de la química,^[40,47,78] su significación no se suele ver reflejada de forma suficiente y adecuada en los distintos niveles del currículum.^[79-81]

Curriculum de química de la ESO

Al comparar el nuevo currículum de la ESO del ME con el de la CV, se obtienen los siguientes resultados:^[82]

1) Acotación

a) Existe un notable contraste entre la normativa curricular del ME (genérico, de poco detalle y escasa organización) y la de la CV. En este currículum los contenidos se hallan singularmente distribuidos por cursos (lo que no siempre se ha realizado en otros currículos autonómicos), resolviendo la agrupación curricular de 2º y 3º de ESO establecida en el del ME; además, se especifica con detalle el nivel que corresponde a cada uno de los contenidos tratados. Tanto su estructura como las delimitaciones que realiza referidas a su progresión, facilitan su interpretación y lo hacen más factible.

b) La acotación y la especificación realizadas en el currículum de la CV suponen una ventaja para el profesorado, ya que le ayuda a precisar la evaluación y le permite que su actividad se centre en la difícil y trabajosa tarea que supone su desarrollo en el aula mediante el diseño previo de las correspondientes secuencias de aprendizaje.

2) Conocimiento previo.

Los contenidos que se recogen en la CV tienen en cuenta el conocimiento previo del alumnado. Esta consideración tiene particular relevancia en el currículum de 2º de ESO. En concreto, según se detalla en los siguientes apartados, a partir de sus ideas iniciales sobre conceptos básicos, en el de la CV se establece una construcción cíclica de conceptos clave, lo que implica aumentar progresivamente su grado de demanda conceptual, que se manifiesta con la incorporación paulatina de distintos modelos, así como con la consideración de cuestiones epistémicas.

3) Ideas centrales y evolución curricular.

A diferencia de lo establecido por el ME, en la CV a lo largo de los tres cursos se trabajan de forma expresa dos ideas centrales de la química:^[83,84] sustancia y reacción química (desde los tres niveles de conceptualización: macroscópico, submicroscópico y simbólico).

Dado que se trata de conceptos difíciles por su grado de abstracción y complejidad, se precisan largos períodos de tiempo para su adecuada asimilación.^[85] Por ello, el currículum de la CV se desarrolla en espiral, de forma que estas dos ideas fundamentales se vuelven a tratar una vez introducidas para darles una dimensión cognitiva más amplia. En cada curso se proponen revisiones y ampliaciones de estos dos conceptos mediante trabajos prácticos y modos de representación que pretenden ayudar a su comprensión. Este desarrollo cíclico prosigue en primero de bachillerato.

El orden con el que se presentan estos dos conceptos y su demarcación curricular (CV) pueden facilitar su progresiva construcción conceptual: el estudio del concepto de sustancia precede en cada nivel al de reacción química. Además, inicialmente, el enfoque es exclusivamente macroscópico,^[86] incorporándose paulatinamente la conceptualización submicro y la representación simbólica.^[87]

En este sentido, se debe mencionar que en la CV se introduce explícitamente el concepto de elemento químico, realizando también una progresiva evolución curricular;^[88] a pesar de su papel central en el estudio de las reacciones químicas y de la tabla periódica, en el currículum del ME ni siquiera se menciona.

4) Lenguaje de la química.

Otro aspecto claramente diferenciado entre ambas normativas es la importancia que se otorga al lenguaje de la química en la CV. Las formas de razonar que el alumnado debe ir desarrollando gradualmente están estrechamente asociadas a un vocabulario académico específico (técnico y no técnico),^[22-24] así como a distintas formas de comunicación multimodal,^[29,89] que el currículum establece como elemento competencial fundamental, a partir de las que va a poder comprender y expresar ideas científicas, como componente básico de su educación científica.

5) Historia de la química, aspectos epistemológicos y el uso de modelos

El currículum de la CV incluye expresamente diferentes momentos clave para la construcción del pensamiento químico (por ejemplo, el congreso de Karlsruhe, la primera ordenación de elementos químicos de Mendeleiev –criterio, predicciones y limitaciones– o el descubrimiento múltiple del oxígeno y la síntesis conceptual de Lavoisier)^[63], lo que permite analizar la confrontación de ideas, como la diferente explicación de las reacciones de combustión (flogisto \leftrightarrow oxígeno). El modelo cinético corpuscular se introduce en 2º de ESO. Posteriormente, progresiva en la evolución de los distintos modelos atómicos: en 3º de ESO se realiza la transición del modelo corpuscular al de Dalton y en 4º de ESO se presentan los de Thomson y Rutherford, sin llegar al de Bohr. Como contraste, el currículum del ME introduce los modelos atómicos ya en 2º de ESO (lo que se respetaba por varios autores de libros de texto), llegando al cuántico en 4º de ESO, pero sin una perspectiva epistémica definida.^[40] En este sentido, en consonancia con el punto anterior, se debe destacar la continua referencia que hace el currículum de la CV al significado de modelo cuando corresponde realizar la explicación o predicción de alguna propiedad de la materia.

6) Aspectos sociocientíficos

La construcción del pensamiento químico se complementa en el currículum de la CV con el conocimiento de aspectos sociocientíficos concretos, sobre lo que el del ME sólo realiza apreciaciones genéricas. En su conjunto, los elementos tratados (CV) se muestran adecuados por contemplar problemas

actuales relacionados con la obtención y el empleo de materiales esenciales, la salud, el uso de medicamentos, de fertilizantes o de explosivos, ayudando a generar pensamiento crítico sobre cuestiones candentes referidas a fuentes alternativas de energía o relacionadas con la contaminación ambiental.

Curriculum de química del bachillerato

A diferencia del estudio previo del currículum de química de la ESO,^[82] para el análisis de la química del bachillerato no se dispone de una referencia que haya realizado un estudio tan pormenorizado. A esta carencia se añade la limitación de espacio que imposibilita el examen de los aspectos curriculares más relevantes de una forma amplia y detallada. Esta restricción ha permitido únicamente la discusión de sólo dos puntos: a) la consideración del conocimiento previo del alumnado para el currículum de química de primero del bachillerato; b) la extensión curricular en el de segundo.

Organización y acotación

La primera característica del currículum de química de bachillerato del ME es su contraste en cuanto a su organización y extensión con respecto al de la enseñanza secundaria obligatoria. A su evidente mayor estructuración de contenidos (2º de bachillerato), se une que no se trata de un currículum tan inespecífico y abierto, existiendo ahora más detalle en cuanto al número de puntos que se incorporan a cada tema principal, aunque en varias ocasiones sigue adoleciendo de una formulación vaga e imprecisa. Por su parte, el de la CV limita puntualmente los temas a tratar y simplifica su contenido en diferentes casos, de forma que en cada uno de los apartados que lo componen se presenta acotado de una forma más clara que el del ME. Estas características se ejemplifican y se discuten en los siguientes puntos.

Transición de la ESO al bachillerato

El primer tema que incluye el currículum de química de primero de bachillerato del ME se titula *Enlace químico y estructura de la materia*, en el que, después de una referencia genérica a las contribuciones históricas en la elaboración de sistema periódico actual, básicamente se centra en la estructura electrónica de los elementos químicos y su posición en la tabla periódica, la similitud de los elementos de un mismo grupo y la estabilidad átomos e iones en la predicción de enlaces, aunque esto último formulado con una cierta imprecisión, lo que invita a revisar estudios previos al respecto.^[32]

En el siguiente gran apartado de los saberes básicos, titulado *Reacciones químicas*, directamente se centra en los cálculos estequiométricos.

Por tanto, parecería que el currículum del ME considera que el alumnado promocionado a este nivel domina todos los conceptos y procedimientos básicos establecidos en la ESO, por lo que no sería preciso revisarlos. Además, tampoco consideraría necesario profundizar en su estudio. En cambio, el currículum de la CV no sólo realiza esta revisión conceptual, sino que trata los contenidos correspondientes con un mayor nivel que en la ESO desde el prisma del proceso histórico que supuso su construcción teórica. En concreto, previamente al estudio de la estequiometría de las reacciones químicas, contiene un primer bloque de contenidos titulado *Propiedades físicas y químicas de la materia. Modelos explicativos*. Por otro lado, antes de la introducción del modelo de orbital atómico y del estudio histórico del sistema periódico propone (dentro de un segundo bloque titulado *Estructura atómica de la materia*) un recorrido en la evolución de los distintos modelos atómicos hasta el cuántico. Estos dos bloques se analizan brevemente a continuación.

Propiedades físicas y químicas de la materia. Modelos explicativos (CV)

La secuencia de modelos que se realiza en este bloque de contenidos es la siguiente: Modelo cinético-corpúscular → Dalton → Avogadro → Cannizzaro-Mendeleiev. La introducción de cada modelo supone poder explicar (y predecir) unas propiedades particulares de la materia, así como señalar sus limitaciones. De esta forma, el currículum establece la paulatina explicación de las propiedades físicas de los gases; la diferencia entre mezcla y sustancia pura; la diferencia entre sustancia simple y compuesto; la explicación de las leyes de Lavoisier y de Proust; la explicación de la ley de los volúmenes de combinación de Gay-Lussac; las relaciones submicro y macro entre las sustancias que participan en una reacción química, a partir de su representación, así como el criterio de ordenación de elementos químicos de Mendeleiev.

Partiendo de la clasificación inicial de sustancias simples de Lavoisier y del modelo de Dalton, el concepto de elemento químico se convierte en una idea central para la química. En este sentido, la disputa Dalton-Avogadro sobre la composición de los gases tuvo consecuencias sobre la determinación de masas atómicas. Esta controversia fue resuelta por Cannizzaro mediante una comunicación en el congreso de Karlsruhe.^[90,91] A esta primera reunión científica de químicos asistió Mendeleiev, lo que le permitió utilizar como criterio de ordenación de elementos químicos sus valores correctos de masas atómicas.

En toda esta discusión sobre la evolución de conceptos en la explicación de las propiedades químicas de la materia, se precisa conocer los distintos significados otorgados a los términos 'átomo' y 'molécula', así como el de 'sustancia' (simple y compuesto). Finalmente, el currículum aborda la necesidad del concepto cantidad de sustancia, con lo que toman significado las relaciones de los conceptos 'masa atómica' y 'masa molecular' con el de 'masa molar', así como la interpretación a escala macroscópica de las relaciones/proportiones existentes entre las diferentes sustancias representadas en una ecuación química. A pesar de la importancia que tiene todo este conocimiento epistémico, como elemento básico para la construcción del cuerpo teórico de la química, el currículum del ME no menciona nada al respecto.

Estructura atómica de la materia (CV)

En este aspecto, según se ha mencionado previamente, existen notables diferencias entre el currículum del ME y el de la CV. En 4º de ESO el del ME ya establece la introducción del modelo cuántico, mientras que en el de la CV este estudio está acotado en 4º de ESO a los modelos atómicos de Thomson y Rutherford.

A diferencia del currículum de primero de bachillerato del ME, donde los modelos atómicos no se revisan, en el de la CV se realiza un recorrido histórico completo al establecer la siguiente secuencia: modelo cinético-corpúscular → Dalton → Thomson → Rutherford → Bohr → cuántico; estos dos últimos introducidos por vez primera. En esta evolución, se hace referencia a las controversias producidas, así como a las limitaciones de cada modelo, indicando, además, que se tengan en cuenta las ideas clave de cada modelo que permanecen en los siguientes. Finalmente, en 2º de bachillerato se revisa el modelo de Bohr y el cuántico.

Extensión curricular e investigación educativa

En 2º de bachillerato, el currículum del ME es más extenso que el de la CV. Particularmente, entre los aspectos curriculares que no se mencionan en este currículum autonómico y que sí que están presentes en el del ME destacan los siguientes:

1. Utilización del diagrama de Moeller.
2. La hibridación de orbitales atómicos y la teoría de las bandas para el enlace metálico.
3. Segundo principio de la termodinámica. La entropía como magnitud que afecta a la espontaneidad e irreversibilidad de los procesos químicos. Cálculo de la energía de Gibbs de las reacciones químicas y espontaneidad de las mismas en función de la temperatura del sistema.
4. El equilibrio químico como proceso dinámico: ecuaciones de velocidad y aspectos termodinámicos. Expresión de la constante de equilibrio mediante la ley de acción de masas.
5. Producto de solubilidad.
6. Principio de Le Châtelier.

Antes de seguir con el desarrollo de cada uno de estos apartados, conviene comentar que la mayoría de conceptos especificados en el cuadro anterior ya fueron analizados por Spencer,^[15] clasificándolos como imposibles de enseñar o como innecesarios en un curso básico de química general.

Configuraciones electrónicas. Diagrama de Moeller (ME)

Este diagrama es una pauta nemotécnica,^[92] que permite aplicar la regla de Madelung en el establecimiento de la configuración electrónica de los átomos.^[93] Esta regla ha sido cuestionada con fines pedagógicos.^[94] Aunque su aplicación permite obtener las configuraciones electrónicas de los elementos, en el bloque d y en el bloque f presenta múltiples excepciones. Pero lo más cuestionable de su enseñanza es que se basa en aspectos formales incorrectos, ya que únicamente es válida en el caso de las configuraciones de los primeros veinte elementos químicos y de sus iones.^[35]

Hibridación de orbitales atómicos y la teoría de las bandas para el enlace metálico (ME).

El gran nivel de abstracción y complejidad que tienen los modelos de enlace químico suponen una gran demanda cognitiva para los estudiantes, lo que dificulta enormemente su comprensión.^[94] Esta exigencia mental se manifiesta de forma particular en el caso de la hibridación del orbitales atómicos.^[95-97] A ello se debe añadir que la inclusión de la hibridación de orbitales atómicos en el primer curso de química universitaria se ha mostrado controvertida.^[98]

En el caso del enlace metálico, el modelo elemental electrostático ya presenta importantes problemas de entendimiento a los estudiantes.^[99-101]

La investigación educativa sugiere simplificar la enseñanza de los modelos de enlace químico,^[102,103] en lugar de enfocarla con fines propedéuticos, lo que implica un análisis crítico de la demanda conceptual de los conceptos básicos que se deben enseñar.

En lugar del concepto de hibridación, parece que en segundo de bachillerato puede ser suficiente el modelo de las repulsiones de los pares electrónicos de la capa de valencia.^[12,65] Este modelo no supone la sobrecarga cognitiva asociada a la hibridación, por lo que no resulta tan complicada su comprensión. En este sentido, Johnstone señaló: *Statements about hybridisation are often platitudinous mouthing without understanding,*^[49] lo que reafirmó incidiendo sobre la forma superficial de su enseñanza:

This is more intellectually rigorous than talking about tetrahedra arising from sp³ hybrids. To use the 'unreality'

of atomic electronic configurations (isolated atoms in the gas phase) and try to create the reality of molecular structure from them, is intellectually suspect. Without an understanding of the mathematics (which I suspect few chemists have), sp^3 or any other hybridisation label, is just mumbo jumbo. It is simply saying that, if you combine one s orbital with three p orbitals, you get a tetrahedral arrangement of orbitals, leading to bonds which point to the corners of a tetrahedron. Pasteur knew this long before orbitals were thought of!! (p. 36).^[104]

En esta misma línea de razonamiento, el estudio del modelo de las bandas para el enlace metálico tampoco parece necesario para un curso preuniversitario de química.^[15] La perspectiva básica que fundamenta los distintos modelos de enlace mediante las particulares interacciones que se establecen por la existencia de fuerzas electrostáticas,^[65,102] se concreta en el caso del enlace metálico mediante las fuerzas de atracción entre electrones y cationes metálicos.^[105] Este modelo elemental resulta suficiente en este nivel, en lugar de enseñar conceptos extremadamente abstractos relacionados con la teoría del orbital molecular.^[106]

Segundo principio de la termodinámica. Espontaneidad de una reacción química (ME)

Varios autores han señalado que los conceptos que se manejan en la enseñanza del segundo principio de la termodinámica son muy abstractos, difíciles de entender por los estudiantes; además, parecen innecesarios en un curso introductorio de química general.^[12,15] En este aspecto destaca la entropía, lo que se agrava porque en su enseñanza: i) se presenta con un amplio rango de significados;^[107] ii) en muchos casos, se introduce mediante métodos poco adecuados, asociados a diferentes errores conceptuales.^[108]

De forma análoga, la enseñanza del criterio de espontaneidad para reacciones químicas, no sólo requiere un tratamiento riguroso que excede el nivel de un curso preuniversitario de química, sino que además también ha estado asociada a tratamientos incorrectos tanto en los libros de texto,^[44,45] como en las pruebas de evaluación oficiales.^[109] La formulación con la que presenta el currículum del ME el criterio de espontaneidad, asociado a la variación de la temperatura, refuerza estos planteamientos tradicionales erróneos.^[109]

Todos estos aspectos problemáticos desaconsejan la inclusión del segundo principio de la termodinámica en segundo de bachillerato.

Equilibrio químico. Introducción. Constantes de equilibrio. Principio de Le Châtelier (ME)

La introducción cinética del equilibrio químico para deducir la expresión matemática de la constante de equilibrio es un error muy arraigado, ya discutido a mediados del siglo pasado.^[110] La referencia a ecuaciones de velocidad de la ley de acción de masas, que realiza el currículum del ME, refuerza este planteamiento histórico incorrecto.^[111,112]

Por otro lado, en lo que respecta a la expresión matemática de las constantes de equilibrio experimentales y su cálculo, la IUPAC claramente establece que tanto K_c como K_p son magnitudes que deben expresarse con las correspondientes unidades de concentración y de presión, respectivamente, de forma que su valor depende de las unidades elegidas;^[113] por el contrario, la constante de equilibrio termodinámica, K (no introducida normalmente en el nivel preuniversitario), es una magnitud adimensional, que posee un valor único (a una determinada temperatura). Sin embargo, muchos libros de texto expresan tanto

K_c como K_p sin dimensiones.^[114,115] Además, en las pruebas de acceso a la universidad, tanto en los enunciados de los problemas como en su resolución, las constantes de equilibrio experimentales se han expresado tradicionalmente sin unidades.^[116-118] Incluso, en algún distrito universitario (Cataluña, 2015) se penalizan las respuestas que expresan estas constantes con unidades; por el contrario, en otra circunscripción (Castilla-La Mancha, 2024), se aplica el criterio opuesto, al puntuar negativamente su incorrecta expresión adimensional.

En lo que se refiere al denominado principio de Le Châtelier, diferentes estudios históricos, termodinámicos y didácticos han indicado la conveniencia de su eliminación del currículum de química general.^[33,34] A pesar de su aparente simplicidad, la investigación educativa ha señalado la dificultad (imposibilidad) de su formulación cualitativa de forma precisa, general y sencilla, que supere su ambigüedad, lo que impide tanto su entendimiento claro como su aplicación inequívoca; a este problema se unen sus limitaciones. El currículum evaluado en las pruebas de acceso a la universidad ha mostrado de forma continuada serias deficiencias referidas a: i) una aplicación mecánica, sin el control de variables,^[119] ii) su empleo en casos en los que no tiene aplicación;^[119,120] iii) un control de variables incorrecto.^[34] En este punto conviene destacar la errónea asociación de la variación paralela masa-concentración,^[33,43] en las pruebas de selectividad,^[116,117] que se encuentra exemplificada mediante la discusión del equilibrio $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$ por variación del volumen en condiciones isotérmicas. Este error está muy extendido, ya que se puede encontrar en libros de texto,^[43] e incluso en trabajos de investigación educativa.^[121,122]

Finalmente, el currículum del ME menciona la constante de producto de solubilidad, lo que implica la realización de cálculos de solubilidad con la ayuda de la expresión matemática de esta constante para equilibrios heterogéneos en disolución acuosa. Si bien en algunos casos estas operaciones y procedimientos simples permiten obtener valores aceptables, normalmente estos cálculos no son válidos.^[123] En muchas situaciones, el planteamiento y la resolución de ejercicios tradicionales implica obtener resultados marcadamente falsos por la desconsideración de la complejidad que normalmente está asociada a estos sistemas.^[123-125] Un tratamiento cuantitativo correcto de estos problemas requiere atender los distintos factores que dificultan considerablemente su correcta resolución, lo está muy por encima del nivel de segundo de bachillerato, lo que también desaconsejaría su inclusión generalizada en este curso.^[125-127] A pesar de que el currículum de la CV restringe el estudio de equilibrios heterogéneos a la participación de gases, la comisión de coordinación autonómica de Química ha incluido estos equilibrios de solubilidad acuosa en los exámenes EBAU de este territorio.

Conclusiones e implicaciones curriculares

El análisis del actual currículum que la normativa española establece para la química en la enseñanza secundaria obligatoria y en el bachillerato ha permitido comparar lo establecido al respecto por el ME y la CV. En el caso de la ESO, el del ME es un currículum escasamente determinado, con notables ausencias, que deja amplio margen de concreción curricular en el aula. En cambio, el de la CV está mucho más acotado, tanto por niveles como por el detalle de sus contenidos, realizando una progresión cíclica de dos ideas esenciales: sustancia y reacción química; además, existen varios elementos singulares que permiten encontrar su fundamentación en la investigación educativa en ciencias, en general, y en química, en particular. Entre estos rasgos particulares se encuentran: a) la considera-

ción del conocimiento previo del alumnado; b) el énfasis que realiza en el desarrollo del lenguaje académico, así como en otras formas de comunicación multimodal; c) la organización curricular en espiral; d) la explícita apreciación de aspectos epistémicos y e) la aplicación del conocimiento en el tratamiento de aspectos sociocientíficos.

En lo que respecta al currículum del bachillerato, en el caso del currículum de la CV se realiza una progresiva transición entre el conocimiento que corresponde a la ESO y al primer curso de este nivel, profundizando en el asentamiento de conceptos básicos de la química, como la idea de elemento químico y el papel que juegan los modelos en la construcción del conocimiento científico.^[128] Este enfoque no está presente en el currículum del ME.

Finalmente, el currículum de química de segundo de bachillerato es mucho más extenso en el caso del ME. Esta sobrecarga de contenidos implica la inclusión de una serie de conceptos abstractos que producen una saturación curricular. En general, no parece que haya sido el conocimiento didáctico del contenido el que ha inspirado esta especificación curricular tan amplia,^[129,130] sino una larga tradición que provoca una cierta rigidez curricular, al estar básicamente pensado como un adelanto de estudios universitarios específicos de química.

Esta perspectiva no propicia la reducción del currículum de este curso (con la eliminación de partes prescindibles que históricamente han estado presentes), lo que impide hacerlo más factible tanto en su enseñanza como en su aprendizaje. La enorme cantidad de contenidos teóricos que contiene limita lo que realmente puede aprender el alumnado,^[15] con el agravante de que, en la práctica, suelen quedar elementos sin impartir por falta de tiempo. Esta barrera temporal también determina el tácito abandono del laboratorio escolar, a pesar de su papel crucial en el aprendizaje de la química.^[131]

Quedaría pendiente como reto aproximar la realidad escolar a la investigación educativa de la química,^[14,100,132] lo que permitirá obtener mejoras en el aprendizaje del alumnado mediante un currículum centrado en el conocimiento,^[133, 134] que sea claro y coherente (adecuadamente especificado, bien secuenciado y estructurado). Ello posibilitará dar respuestas fundamentadas a qué (y qué no) enseñar y por qué hacerlo, cuándo se debe realizar, así como qué formas de enseñanza pueden ser más efectivas, lo que determinará un avance en el conocimiento de qué, cuándo y cómo evaluar.^[14,54,78,136,137]

Bibliografía

- [1] V. Millar, W. Park, J. Dillon, *Int. J. Sci. Educ.* **2025**, 47, 1965-1971, <https://doi.org/10.1080/09500693.2025.2504644>.
- [2] C. Cirkony, G. Fragkiadaki, R. Gunstone, *Sci. Educ.* **2025**, 109, 1149-1176, <https://doi.org/10.1002/sce.21949>.
- [3] Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria, *BOE* 29 mar. **2022**, (76), disponible en <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/29/217> (consultado: 28/10/2025).
- [4] Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato, *BOE* 5 abr. **2022**, (82), disponible en <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/04/05/243/con> (consultado: 28/10/2025).
- [5] Decreto 107/2022, de 5 de agosto, del Consell, por el que se establece la ordenación y el currículo de Educación Secundaria Obligatoria [2022/7573], *DOGV* 11 ago. **2022**, (9403), https://dogv.gva.es/datos/2022/08/11/pdf/2022_7573.pdf (consultado: 28/10/2025).
- [6] Decreto 108/2022, de 5 de agosto, del Consell, por el que se establecen la ordenación y el currículo de Bachillerato. [2022/7578], *DOGV* 12 ago. **2022**, (9404), https://dogv.gva.es/datos/2022/08/12/pdf/2022_7578.pdf (consultado: 28/10/2025).
- [7] B. vanBerkel, W. deVos, A.H. Verdonk, A. Pilot, *Sci. & Educ.* **2000**, 9, 123-159, <https://doi.org/10.1023/A:1008765531336>.
- [8] J. K. Gilbert, *Int. J. Sci. Educ.* **2006**, 28(9), 957-976, <https://doi.org/10.1080/09500690600702470>.
- [9] J. Dillon, *Int. J. Env. & Sci. Educ.* **2009**, 4(3), 201-213.
- [10] D. Hodson, *Towards scientific literacy. A teachers' guide to the history, philosophy and sociology of science*, Sense, Rotterdam, **2008**.
- [11] V. Talanquer, J. Pollard, *Chem. Educ. Res. Pract.* **2010**, 11, 74-83, <https://doi.org/10.1039/C005349J>.
- [12] R.J. Gillespie, *J. Chem. Educ.* **1991**, 68(3), 192-194, <https://doi.org/10.1021/ed068p192>.
- [13] M. Cooper, L.A. Posey, S.M. Underwood, *J. Chem. Educ.* **2017**, 94(5), 541-548, <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00900>.
- [14] M. Cooper, R.L. Stowe, *Chem. Rev.* **2018**, 118, 6053-6087, <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.8b00020>.
- [15] J.N. Spencer, *J. Chem. Educ.* **1992**, 69(3), 182-186, <https://doi.org/10.1021/ed069p182>.
- [16] M.S. Schwartz, P.M. Sadler, G. Sonnert, R.H. Tai, *Sci. Educ.* **2009**, 93(5), 798-826, <https://doi.org/10.1002/sce.20328>.
- [17] T.G.K. Bryce, E.J. Blown, *Current Psychology*, **2024**, 43, 4579-4598, <https://doi.org/10.1007/s12144-023-04440-4>.
- [18] V. Talanquer, *Educación Química*, **2023**, 34(4), 3-15, <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2023.4.86364>.
- [19] P.J. Garnett, P.J. Garnett, M.W. Hackling, *Stud. Sci. Educ.* **1995**, 25, 69-96, <https://doi.org/10.1080/03057269508560050>.
- [20] M. Çalik, A. Ayas, *J. Res. Sci. Teach.* **2005**, 42, 638-667, <https://doi.org/10.1002/tea.20076>.
- [21] H.-D. Barke, I. A. Hazari, I. S. Yitbarek, *Misconceptions in Chemistry*, Springer, Berlin, **2009**.
- [22] A.M. Quílez-Díaz, J. Quílez-Pardo, *REurEDC* **2016**, 13(1), 20-35.
- [23] J. Quílez, *Stud. Sci. Educ.* **2019**, 55(2), 121-167, <https://doi.org/10.1080/03057267.2019.1694792>.
- [24] J. Quílez, *Int. J. Sci. Educ.* **2021**, 43(9), 1459-1482, <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1918794>.
- [25] N. Becker, M. Towns, *Chem. Educ. Res. Pract.* **2012**, 13, 209-220, <https://doi.org/10.1039/C2RP00003B>.
- [26] Y.J. Dori, I. Sasson, *J. Res. Sci. Teach.* **2008**, 45(2), 219-250, <https://doi.org/10.1002/tea.20197>.
- [27] K.S. Taber, en *Multiple Representations in Chemical Education*, vol. v [Eds.: J.K. Gilbert, D.F. Treagust], Springer, **2009**, pp. 75-108.
- [28] K. Bain, J.-M G. Rodríguez, M.H. Towns, *J. Chem. Educ.* **2019**, 96, 2086-2096, <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00523>.
- [29] K. S. Tang, *Discourse strategies for science teaching & learning: Research and practice*, Routledge, **2021**.
- [30] V. Talanquer, *JACS Au* **2022**, 2, 2658-2669, <https://doi.org/10.1021/jacsau.2c00498>.
- [31] H.H. Sisler, C.A. VanderWerf, *J. Chem. Educ.* **1980**, 57(1), 42-44, <https://doi.org/10.1021/ed057p42>.
- [32] K.S. Taber, *Chem. Educ. Res. Pract.* **2024**, 25, 949-957, <https://doi.org/10.1039/D3RP00232B>.
- [33] J. Quílez, *Sci. & Educ.* **2021**, 30, 1253-1288, <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00214-1>.
- [34] J. Quílez, *An. Quím. RSEQ* **2022**, 118(3), 185-191.
- [35] J. Quílez, *Found. Chem.* **2025**, 27, 287-317, <https://doi.org/10.1007/s10698-025-09534-4>.
- [36] A. N. Ogude, J.D. Bradley, *J. Chem. Educ.* **1994**, 71, 29-34, <https://doi.org/10.1021/ed071p29>.

- [37] B. Thompson, Z. Bunch, M. Popova, *J. Chem. Educ.* **2023**, 100, 2884-2895, <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00385>.
- [38] M. Rusek, K. Vojíř, *Chem. Educ. Res. Pract.* **2019**, 20(1), 85-99, <https://doi.org/10.1039/C8RP00141C>.
- [39] M.R. Abraham, E.B. Grzybowski, J.W. Renner, E.A. Marek, *J. Res. Sci. Teach.* **1992**, 29(2), 105-120, <https://doi.org/10.1002/tea.3660290203>.
- [40] M. Niaz, *Chemistry Education and Contributions from History and Philosophy of Science*, Springer, **2016**.
- [41] L.M. Ferreira, J.P. Weiss, M. Lambach, *Found. Chem.* **2022**, 24, 171-187, <https://doi.org/10.1007/s10698-022-09425-y>.
- [42] M.J. Sanger, T.J. Greenbowe, *J. Chem. Educ.* **1999**, 76(6), 853-860, <https://doi.org/10.1021/ed076p853>.
- [43] J. Quílez, *Chem. Educ. Res. Pract.* **2004**, 5, 281-300, <https://doi.org/10.1039/B3RP90033A>.
- [44] J. Quílez, *Ens. Cien.* **2009**, 27(3), 317-30, <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3644>.
- [45] J. Quílez, *J. Chem. Educ.* **2012**, 89(1), 87-93, <https://doi.org/10.1021/ed100477x>.
- [46] J. Quílez, *REurEDC* **2024**, 21(3), 3204, https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i3.3204.
- [47] R.S. Justi, J.K., Gilbert, en *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (Eds.: J. Gilbert, O. de Jong, R. Justi, D. Treagust, J. Van Driel), Kluwer, Dordrecht, **2003**, pp. 47-68.
- [48] A. Bergqvist, M. Drechsler, O. de Jong, S.-N. C. Rundgren, *Chem. Educ. Res. Pract.* **2013**, 14, 589-606, <https://doi.org/10.1039/C3RP20159G>.
- [49] N. Reid, *The Johnstone Triangle: The Key to Understanding Chemistry*, The Royal Society of Chemistry, **2021**, <https://doi.org/10.1039/9781839163661>.
- [50] J. D. Herron, *The Chemistry classroom. Formulas for successful teaching*, American Chemical Society, Washington, **1996**.
- [51] O. de Jong, J. Van Driel, N. Verloop, *J. Res. Sci. Teach.* **2005**, 42(8), 947-964, <https://doi.org/10.1002/tea.20078>.
- [52] S. Rees, V. Kind, D. Newton, *Isr. J. Chem.* **2018**, 58(1-2), 1-9, <https://doi.org/10.1002/ijch.201880101>.
- [53] K. Dávila, V. Talanquer, *J. Chem. Educ.* **2010**, 87(1), 97-101, <https://doi.org/10.1021/ed8000232>.
- [54] I. Eilks, A. Hofstein, *Teaching Chemistry: A Studybook*, Sense Publisher, Netherlands, **2013**.
- [55] J. Sjöström, F. Rauch, I. Eilks, en *Relevant Chemistry Education* (Eds.: I. Eilks, A. Hofstein), Sense Publishers, Rotterdam, **2015**, 163-184.
- [56] C. Furió, A. Vilches, G. Guisasola, V. Romo, *Ens. Cien.* **2001**, 19(3), 365-376, <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3988>.
- [57] M. Malaver, R. Pujol, A. D'Alessandro, *Educación Química*, **2003**, 14(4), 232-239, <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2003.4.66231>.
- [58] O. de Jong, V. Talanquer en *Relevant Chemistry Education*. (Eds.: I. Eilks, A. Hofstein), Sense, Rotterdam, **2015**, pp. 11-32.
- [59] H. Pratomo, N. Fitriyana, A. W. Marfaatun, *EduLearn* **2025**, 19(2) 909-920, <https://doi.org/10.11591/edulearn.v19i2.21826>.
- [60] S. Erduran, E. Scerri, en *Chemistry Education: Towards Research-based Practice* (Eds.: J.K., Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D.F. Treagust, J.H. Van Driel), Springer, Dordrecht, **2003**, pp. 7-27, https://doi.org/10.1007/0-306-47977-X_1.
- [61] M. Monk, J. Osborne, *Sci. Educ.*, **1997**, 81(4), 405-424, [https://doi.org/10.1002/\[SICI\]1098-237X\(199707\)81:4<405::AID-SCE3>3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/[SICI]1098-237X(199707)81:4<405::AID-SCE3>3.0.CO;2-G).
- [62] L. Cardellini, *Educación Química* **2012**, 23, 305-310, [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30158-1](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30158-1).
- [63] J. Quílez, *An. Quím. RSEQ* **2021**, 117(2), 109-121.
- [64] J. M. Campanario, *Int. J. Sci. Educ.* **2002**, 24(10), 1095-1110, <https://doi.org/10.1080/09500690210126702>.
- [65] R. J. Gillespie, *J. Chem. Educ.* **1997**, 74(7), 862-864, <https://doi.org/10.1021/ed074p862>.
- [66] P. Atkins, *Pure Appl. Chem.* **1999**, 71(6), 927-929, <http://dx.doi.org/10.1351/pac199971060927>.
- [67] K. Padilla, *Educación Química*, **2006**, 17(1), 2-13, <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2006.1.66061>.
- [68] H. Sevian, V. Talanquer, *Chem. Educ. Res. Pract.* **2014**, 15(1), 10-23, <https://doi.org/10.1039/C3RP00111C>.
- [69] T. Holme, C. Luxford, K. Murphy, *J. Chem. Educ.* **2015**, 92, 1115-1116, <https://doi.org/10.1021/ed500712k>.
- [70] V. Talanquer, *J. Chem. Educ.* **2016**, 93(1) 3-8, https://doi.org/10.1021/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i1.1101.
- [71] L. Moreno, M.A. Calvo, *REurEDC* **2019**, 16(1), 1101, <https://doi.org/10.25267/RevEurekaensendivulgcienc.2019.v16.i1.1101>.
- [72] J. K. Olson, *Sci. Educ.* **2018**, 27(7), 637-660, <https://doi.org/10.1007/s11191-018-9993-8>.
- [73] J. Holbrook, M. Rannikmae, *Int. J. Sci. Educ.* **2007**, 29(11), 1347-1362, <https://doi.org/10.1080/09500690601007549>.
- [74] J. Osborne, S. Collins, M. Ratcliffe, R. Millar, *J. Res. Sci. Teach.* **2003**, 40(7), 692-720, <https://doi.org/10.1002/tea.10105>.
- [75] F. Abd-El-Khalick, M. Waters, A. Le, *J. Res. Sci. Teach.* **2008**, 45(7), 835-855, <https://doi.org/10.1002/tea.20226>.
- [76] A. García-Carmona, A. Vázquez-Alonso, M.A. Manassero-Mas, *Ens. Cien.* **2011**, 29(3), 403-412, <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v29n3.443>.
- [77] A. García-Carmona, *Rev. Esp. Pedag.* **2022**, 80(283), 433-450, <https://doi.org/10.22550/REP80-3-2022-01>.
- [78] G. Tsaparlis, H. Sevian, *Concepts of matter in science education*, Springer, **2013**.
- [79] S. Erduran, R. Duschl, *Stud. Sci. Educ.* **2004**, 40, 105-138, <https://doi.org/10.1080/03057260408560204>.
- [80] G. Chittleborough, D. Treagust, T. Mamiala, M. Mocerino, *Res. Sci. Tech. Educ.* **2005**, 23, 195-212, <https://doi.org/10.1080/02635140500266484>.
- [81] M.J. Barthlow, S.B. Watson, *Sch. Sci. Math.* **2014**, 114(5), 246-255, <https://doi.org/10.1111/ssm.12076>.
- [82] J. Quílez, *REurEDC* **2024**, 21(2), 3304, https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i2.2304.
- [83] P. Johnson, P. Tymms, *J. Res. Sci. Teach.* **2011**, 48(8), 849-877, <https://doi.org/10.1002/tea.20433>.
- [84] O. de Jong, K.S. Taber, en *Handbook of Research on Science Education* (Eds.: N.G. Lederman, S.K. Abell), Routledge, **2014**, pp. 457-480.
- [85] J.R. Hartman, E.A. Nelson, P.A. Kirschner, *Found. Chem.* **2022**, 24, 239-261, <https://doi.org/10.1007/s10698-022-09427-w>.
- [86] W. de Vos, A.H. Verdonk, *J. Chem. Educ.* **1985**, 62(3), 238-240, <https://doi.org/10.1021/ed062p238>.
- [87] J. Hierrezuelo, J. Bullejos, *Ciencias de la naturaleza III: tercer curso de Educación Secundaria Obligatoria*, MEC, **1995**.
- [88] R.F. Hendry, *Synthese*, **2021**, 198 (Suppl. 14), S3391-S3411, <https://doi.org/10.1007/s11229-019-02312-8>.
- [89] J.K.H. Pun, K.K.C. Cheung, *Res. Sci. Tech. Educ.* **2023**, 41(1), 271-288, <https://doi.org/10.1080/02635143.2021.1895101>.
- [90] J.W. van Spronsen, *The Periodic System of Chemical Elements. A History of the First Hundred Years*, Elsevier, New York, **1969**.
- [91] E.R. Scerri, *The Periodic Table*, OUP, Oxford, **2007**.
- [92] T. Moeller, *Inorganic Chemistry*, Wiley, New York, **1952**.
- [93] E. Madelung, *Die Mathematischen Hilfsmittel des Physikers*, Springer, Berlin, **1936**.
- [94] K.H. Hunter, J.-M.G. Rodriguez, N.M. Becker, *J. Chem. Educ.* **2022**, 99, 2451-2464, <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00034>.

- [95] H. Salah, A. Dumon, *Chem. Educ. Res. Pract.* **2011**, 12, 443-453, <https://doi.org/10.1039/C1RP90049H>.
- [96] S. Çalis, *Univ. J. Educ. Res.* **2018**, 6(8), 1659-1666, <https://doi.org/10.13189/ujer.2018.060805>.
- [97] I.I. Salame, D. Krauss, S. Suleman, *Int.J.Chem.Educ.Res.* **2022**, 6(2), 83-91, <https://doi.org/10.20885/ijcer.vol6.iss2.art4>.
- [98] A. Grushow, *J. Chem. Educ.* **2012**, 89, 578-579, <https://doi.org/10.1021/ed200746n>.
- [99] J. M. de Posada, *Sci. Educ.* **1997**, 81(4), 445-467, [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199707\)81:4<445::AID-SCE5>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199707)81:4<445::AID-SCE5>3.0.CO;2-C).
- [100] K.S. Taber, *Chem. Educ. Res. Pract.* **2001**, 2(1), 43-51, <https://doi.org/10.1039/B0RP90029J>.
- [101] M.M.W. Cheng, P.T. Oon, *Int. J. Sci. Educ.* **2016**, 38(12), 1923-1944, <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1219926>.
- [102] K. S. Taber, R. Coll en *Chemical education: towards research-based practice* (Eds.: J. Gilbert, O. de Jong, R. Justi, D. Treagust, J. Van Driel), Kluwer, Dordrecht, **2003**, pp. 213-234.
- [103] R. Coll, D. Treagust, *Sci. Educ.* **2003**, 87, 685-670, <https://doi.org/10.1002/sce.10059>.
- [104] A. H. Johnstone, *Univ. Chem. Educ.* **2000**, 4, 34-38.
- [105] G. Tsaparlis, E. Pappa, B. Byers, *Chemistry Teacher Int.* **2020**, 2(1), 20190002, <https://doi.org/10.1515/cti-2019-0002>.
- [106] L. Pauling, *J. Chem. Educ.* **1992**, 69(7), 519-521, <https://doi.org/10.1021/ed069p519>.
- [107] J. Haglund, F. Jeppson, H. Strömdahl, *Entropy* **2010**, 12, 490-515, <https://doi.org/10.3390/e12030490>.
- [108] J.S. Martin, N.A. Smith, C.D. Francis, *Evolution: Educ. Outreach* **2013**, 6(1), 1-9, <https://doi.org/10.1186/1936-6434-6-30>.
- [109] J. Quílez, *An. Quím. RSEQ* **2025**, 121 (1), 25-31, <http://doi.org/10.62534/rseq.aq.2016>.
- [110] K.J. Mysels, *J. Chem. Educ.* **1956**, 33(4), 178-179, <https://doi.org/10.1021/ed033p178>.
- [111] J. Quílez, *Found. Chem.* **2019**, 21, 221-252, <https://doi.org/10.1007/s10698-018-9320-0>.
- [112] J. Quílez, *Found. Chem.* **2021**, 23, 85-103, <https://doi.org/10.1007/s10698-020-09376-2>.
- [113] J. Quílez, *Chemistry. Bulgarian J. Sci. Educ.* **2016**, 25(6), 815-825.
- [114] A. Quílez, J. Quílez, *Ens. Cien.* **2014**, 32(3), 187-203, <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1046>.
- [115] J. Quílez, *Int. J. Phys. Chem. Educ.* **2019**, 11, 73-83, <https://doi.org/10.51724/ijpce.v11i3.51>.
- [116] S. Zubiaurre, J.M. Arsuaga, *Selectividad Logse Química:* 2002, Anaya, Madrid, **2003**.
- [117] S. Zubiaurre, J.M. Arsuaga, *Selectividad 2012: Química*, Anaya, Madrid, **2013**.
- [118] S. Menargues, A. Gómez, *37 años de problemas y cuestiones de Química en las pruebas de acceso a las universidades públicas de la Comunidad Valenciana (1987-2023)*, Colegio de Químicos, Valencia, **2023**.
- [119] J. Quílez, *Ens. Cien.* **2006**, 24(2), 219-240, <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3802>.
- [120] J. Quílez, *An. Quím.* **2017**, 113(4), 247-252.
- [121] M. Aydeniz, A. Dogan, *Chem. Educ. Res. Pract.* **2016**, 17, 111-119, <https://doi.org/10.1039/C5RP00170F>.
- [122] M. Peris, *Chemistry Teacher International* **2022**, 4(3), 203-205, <https://doi.org/10.1515/cti-2020-0030>.
- [123] J.N. Butler, *J. Chem. Educ.* **1961**, 38(9), 460-463, <https://doi.org/10.1021/ed038p460>.
- [124] A. Rojas, M.T. Ramírez, *Educ. Química* **1992**, 3(2), 106-113.
- [125] L. Meites, J.S.F. Pode, H.C. Thomas, *J. Chem. Educ.* **1966**, 43(12), 667-672, <https://doi.org/10.1021/ed043p667>.
- [126] S.J. Hawkes, *J. Chem. Educ.* **1998**, 75(9), 1179-1181, <https://doi.org/10.1021/ed075p1179>.
- [127] R.W. Clark, J.M. Bonicamp, *J. Chem. Educ.* **1998**, 75(9), 1182-1185, <https://doi.org/10.1021/ed075p1182>.
- [128] J.K. Gilbert, *Int. J. Sci. Math. Educ.* **2004**, 2, 115-130, <https://doi.org/10.1007/s10763-004-3186-4>.
- [129] P.E. Childs, *Chem. Educ. Res. Pract.* **2009**, 10, 189-203, <https://doi.org/10.1039/B914496I>.
- [130] J. van Driel, O. de Jong, en *Chemistry Education. Best Practices, Opportunities and Trends* (Eds.: J. García, E. Serrano), Wiley, **2015**, pp. 99-121.
- [131] A. Hofstein, M. Hugerat, *Teaching and Learning in the School Chemistry Laboratory*, Royal Society of Chemistry, **2021**.
- [132] O. de Jong, *Univ. Chem. Educ.* **2000**, 4(1), 31-34.
- [133] T. Surma, C. Vanhees, M. Wills, J. Nijlunsing, N. Crato, J. Hatte, D. Muijs, E. Rata, D. William, P.A. Kirschner, *Developing Curriculum for Deep Thinking: The Knowledge Revival*, Springer, **2025**.
- [134] C. Vanhees, J. Nijlunsing, D. Muijs, N. Crato, M. Wils, D. William, P. Kirschner, *Learning and Individual Differences* **2025**, 121, 102729, <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2025.102729>.
- [135] J. Quílez, *An. Quím. RSEQ* **2024**, 120(2), 61-66, <https://doi.org/10.62534/rseq.aq.1977>.
- [136] J. Gilbert, O. de Jong, R. Justi, D. Treagust, J. van Driel, *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, Kluwer, Dordrecht, **2003**.
- [137] I. Eilks, A. Hofstein, *Relevant Chemistry Education*, Sense Publishers, Rotterdam, **2015**.



Juan Quílez

GEDH - RSEQ - RSEF

C-e: jquilez@uji.es

ORCID: 0000-0001-5428-4617

Juan Quílez es doctor en Ciencias Químicas. Ha sido catedrático de Física y Química, director de instituto, asesor en centros de formación permanente y profesor de formación inicial del profesorado (primaria y secundaria) en las universidades de València y Jaume I de Castelló.

Investigación en Ciclos de Grado Básico: una estrategia motivadora para el estudio de las ciencias

Research in Basic Level Training Cycles: a motivational strategy in the study of sciences

Estela Peral Elena^{1*}, Olga Hernández González², M. Jesús Olga García Morínigo³

¹CIFP Rodríguez Fabrés, Departamento de Orientación, Salamanca.

²IES Gabriel y Galán, Departamento de Imagen Personal, Plasencia (Cáceres).

³IES El Batán, Departamento de Imagen Personal, Mieres (Asturias).

PALABRAS CLAVE:

Investigación
Divulgación científica
Didáctica de la Química
Sostenibilidad
Ciclo Formativo de Grado Básico

RESUMEN

El desarrollo de proyectos de investigación desempeña un papel crucial en la motivación y el aprendizaje significativo de los estudiantes en cualquier nivel educativo. El alumnado se involucra en experiencias prácticas y aplica conceptos teóricos en situaciones reales fomentando una comprensión profunda de los conocimientos científicos. En los Ciclos Formativos de Grado Básico (CFGB) resultan de especial interés debido a las características específicas del alumnado. En este artículo se describe el proyecto realizado por el alumnado de 1^{er} curso del CFGB Peluquería y Estética del CIFP Rodríguez Fabrés (Salamanca) en el cual se ha evaluado la eficacia de un champú sólido natural respecto al champú líquido de uso comercial con el fin de impulsar el interés por el estudio científico.

KEYWORDS:

Research
Scientific divulgation
Didactics of chemistry
Sustainability
Basic Level Training Cycle

ABSTRACT:

Research projects' development in the classroom plays a crucial role in motivating and triggering significant learning processes among students at all educational levels. The involvement of students in hands-on experiences gives them the opportunity to apply theoretical concepts to real-world situations, thereby fostering a deeper understanding of scientific knowledge. Their implementation within Basic Degree Formative Cycles (CFGB) is of particular interest due to the qualities of students. The current paper describes the project carried out by first year Hairdressing and Aesthetics students of a Basic Level Training Cycle from CIFP Rodríguez Fabrés (Salamanca), in which the effectiveness of a natural and sustainable solid shampoo was evaluated against that of a commercial liquid shampoo to stimulate their interest in scientific studies.

Introducción

El carácter abstracto de muchos principios de la física y la química constituye un obstáculo notable para su correcta asimilación por parte de los estudiantes, lo que a menudo deriva en una actitud de apatía hacia estas disciplinas.^[1] Para hacer frente a este desafío, resulta útil incorporar en el aula metodologías activas que acerquen estas materias a la realidad del alumnado, utilizando experiencias prácticas que despierten su interés por la ciencia.^[2]

En el caso de los jóvenes que cursan CFGB es importante adaptar la programación didáctica para impulsar su desarrollo personal y permanencia en el sistema educativo. El estudiantado de estos ciclos formativos suele caracterizarse por un historial de dificultades de aprendizaje, absentismo, desmotivación, escaso rendimiento académico, baja autoestima, conductas disruptivas, y situaciones socioeconómicas y familiares vulnerables.^[3]

El desarrollo de proyectos de investigación en el aula emerge como una estrategia efectiva en este contexto. Se lo-

gra, por un lado, vincular la teoría con la práctica y, por otro, se potencia la curiosidad y la motivación del alumnado. Esta forma de aprendizaje también fomenta el pensamiento crítico y les proporciona herramientas para afrontar situaciones cotidianas desde una perspectiva científica siendo el método científico el motor de la ejecución.^[4]

Un aspecto clave de esta propuesta didáctica es su enfoque sostenible cumpliendo parte de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 para sensibilizar y formar a ciudadanos conscientes de los retos sociales y medioambientales a los que se enfrenta el mundo.^[5] De este modo, se promueve el uso de componentes que reducen el impacto ambiental asociado a la cosmética convencional.

La formulación de un champú sólido sostenible en el aula potencia el desarrollo de la competencia científica y la adopción de prácticas responsables de consumo.

La elección de este producto se debe a que se adapta perfectamente a los conocimientos que el alumnado del grado básico de peluquería y estética tiene que adquirir y dominar

CÓMO CITAR: E. Peral, O. Hernández, M. J. Olga G. Morínigo. *An. Quím. RSEQ* 2025, 121, 246-250, <https://doi.org/10.62534/rseq.aq.2050>

* C-e: estela.perele@educa.jcyl.es

Manuscrito recibido: 03/07/2025 · aceptado: 25/07/2025

para desarrollar su actividad profesional. Por este motivo, el eje temático de la investigación se centra en el tratamiento de la caspa (pitiriasis) y el exceso de grasa (seborrea) a través de la cosmética capilar sostenible. Esta elección estratégica permite abordar contenidos curriculares a través de una aplicación concreta, cotidiana y atractiva para el alumnado.

Objetivos

El objetivo principal del proyecto es incentivar la investigación científica sobre aspectos que afectan a la sociedad y al medio ambiente, así como proporcionar al alumnado herramientas y habilidades para la toma de decisiones sostenibles y promover prácticas responsables en la producción y el consumo de cosméticos. Asimismo, se busca fomentar la motivación y aprendizaje significativo al aplicar los conceptos físico-químicos en un contexto real y adaptado a su sector productivo.

Otro de los objetivos del proyecto es elaborar un champú sólido sostenible reduciendo el número de componentes, y evaluar su eficacia para el tratamiento de las alteraciones capilares (pitiriasis y seborrea) con respecto al champú líquido, desarrollando una actividad investigadora.

Por último, se pretende mejorar la asimilación de contenidos curriculares que vayan dirigidos a alcanzar las competencias, como el pensamiento crítico, la autonomía y el trabajo colaborativo, todas ellas esenciales para el desempeño profesional.

Metodología

Un elemento clave para mantener el interés del alumnado en proyectos de investigación es la definición precisa de objetivos y expectativas. La incertidumbre sobre los requisitos o el propósito del trabajo suele ser una fuente común de desmotivación. Para evitarlo, es fundamental presentar a los alumnos una estructura detallada que especifique:

- Un cronograma realista con hitos intermedios y fácilmente alcanzables.
- La pregunta de investigación a resolver.
- El desarrollo de la experimentación.
- Un modelo de presentación de los resultados en un informe.

Esta guía no solo orienta al estudiante y le ayuda a concentrarse, sino que también permite dividir el proyecto en etapas más accesibles, facilitando la gestión del tiempo y reduciendo la sensación de saturación. De esta manera, percibe el progreso de forma tangible, reforzando su compromiso con la tarea.

Este estudio se enmarca dentro de un enfoque metodológico cualitativo, ya que su propósito es comprender la realidad sociocultural tal como es construida y vivida por los propios participantes.^[6] En consecuencia, la actividad desarrollada en el aula se centra en analizar las percepciones e interpretaciones de los sujetos que intervienen en el experimento con el propósito de identificar aquellos aspectos didácticos y académicos que inciden en el estado motivacional del alumnado del CFGS de Peluquería y Estética.

Se estudia la realidad sin fragmentarla y contextualizándola, buscando extraer generalizaciones a partir del análisis profundo de casos particulares.^[7]

Muestra

La muestra de este estudio se constituyó mediante un muestreo no probabilístico de tipo incidental, respetando en todo

momento las estructuras grupales preexistentes en el centro educativo.

La participación fue voluntaria: tras exponer los detalles del proyecto de investigación, los propios estudiantes decidieron sumarse todos a la iniciativa. De esta manera, se configuró una muestra de 26 alumnos del CFGS Peluquería y Estética, con edades comprendidas entre los 15 y 18 años. Estos participantes se organizaron en dos grupos de trabajo de 11 y 15 miembros respectivamente, manteniendo la dinámica natural y no interfiriendo con las relaciones sociales ya establecidas en la clase.

Instrumento

Para la recolección de datos se optó por la técnica de observación, un método coherente con los principios de la investigación cualitativa y perfectamente alineado con los objetivos de este estudio. Esta elección metodológica nos facilitó un acceso directo a la realidad del aula, permitiéndonos analizar en tiempo real la evolución de las dinámicas grupales y las interacciones de los estudiantes en el marco de la actividad propuesta.

Se llevó a cabo un registro cualitativo sistematizado de las observaciones mediante notas individualizadas de campo recogidas en los cuadernos del profesorado. Se anotaron aspectos relacionados con la asistencia, la participación, implicación y grado de compromiso del alumnado en cada sesión.

De acuerdo con las buenas prácticas en investigación cualitativa, los grupos de estudio fueron diseñados para cumplir con criterios tanto de homogeneidad como de heterogeneidad.^[8] En este caso particular, la homogeneidad está determinada por el tema objeto de estudio (la motivación hacia el aprendizaje), pues todos ellos son estudiantes de la misma etapa educativa y están matriculados en el mismo ciclo y curso de formación profesional.^[7] Por otro lado, la heterogeneidad de la muestra viene dada por la variedad en el género de los participantes (con un predominio femenino del 85%) y por la disparidad en sus rendimientos académicos.

Diseño del proyecto

La formulación de la mayoría de los champús líquidos convencionales incluye compuestos químicos como sulfatos y siliconas, prescindibles sin comprometer su capacidad tensioactiva y detergente. A ello se suma que aproximadamente el 80% de su composición es agua, un recurso optimizable mediante el formato sólido. Por esta razón, la fase inicial de la investigación se centra en identificar componentes naturales y biodegradables efectivos para el tratamiento de las dos afecciones capilares: la pitiriasis y la seborrea.

Una vez definidos estos elementos, el alumnado elabora el champú sólido en el laboratorio tal y como se muestra en la figura 1. La base científica de la formulación reside en las propiedades anfifílicas del agente tensioactivo seleccionado, el SCI (Sodium Cocoyl Isethionate). Este surfactante actúa disminuyendo la tensión superficial del agua, lo que le permite emulsionar la fase acuosa con la fase lipídica (en este caso, la manteca de karité) para generar una base estable y homogénea. A esta matriz se le incorporan aditivos con funciones específicas: humectantes para aportar hidratación, agentes endurecedores para asegurar la consistencia del producto final, y compuestos para regular tanto el pH como el manto hidrolipídico del cuero cabelludo.

Después de la fase de formulación y producción del champú, se procede a la etapa de validación de su efectividad mediante los instrumentos específicos que se recogen en la



Figura 1. Elaboración del champú sólido en el laboratorio.

figura 2. Por un lado, se realiza un seguimiento cualitativo y observacional del cuero cabelludo a través de una microcámara. Por otro lado, se cuantifican objetivamente parámetros fisiológicos clave, como los niveles de grasa e hidratación, utilizando un sebómetro. La combinación de ambas técnicas permite obtener una valoración integral de los resultados.



Figura 2. Imágenes correspondientes a los instrumentos utilizados y al cuero cabelludo fotografiado por la microcámara.

Para ello, se divide a los participantes en dos equipos de investigación en base a la alteración capilar (pitiriasis o seborrea). A su vez, cada uno de estos se subdividió para establecer un total de 5 grupos experimentales:

- 1 de tratamiento específico pitiriasis (champú líquido).
- 1 de tratamiento específico pitiriasis (champú sólido).
- 1 de tratamiento específico seborrea (champú líquido).
- 1 de tratamiento específico seborrea (champú sólido).
- 1 de tratamiento placebo (champú líquido y sólido).

La fase experimental del estudio tuvo una duración de dos semanas, periodo durante el cual el estudiantado asumió un rol activo como investigadores según se muestra en la figura 3. El protocolo establecía que cada participante debía aplicar el champú asignado con una frecuencia de dos a tres días, siguiendo una planificación diseñada para ser compatible con los fines de semana.



Figura 3. Proceso de lavado y toma de datos llevado a cabo por el alumnado.

La metodología de medición requería que se realizara una doble toma de datos para cada aplicación: una previa al lavado y otra posterior, anotando en ambos momentos las variables definidas en la tabla 1.

Tabla 1. Relación de variables e instrumentos empleados para su evaluación.

Variable	Tipo de variable	Instrumento de evaluación
Brillo del cabello	Cualitativa	Microcámara
Sequedad/deshidratación	Cualitativa	Microcámara
Picor (purito) del cuero cabelludo	Cualitativa	Observación directa
Engrasamiento del manto hidrolipídico	Cuantitativa	Sebómetro
Hidratación del manto hidrolipídico	Cuantitativa	Sebómetro
Frecuencia de lavado	Cuantitativa	Observación directa

Cada estudiante registró en su cuaderno del investigador los datos para realizar un seguimiento, asegurar la fiabilidad del proceso y poder estudiar los resultados obtenidos.

Análisis de los resultados

Este proyecto denominado *Investigadores en Cosmetología* tiene la finalidad de comparar un champú sólido con otro líquido en dos alteraciones frecuentes entre la población como son la seborrea y la pitiriasis, buscando la motivación del alumnado.

Los resultados evidencian que la implementación de las tecnologías aplicadas como el sebómetro y la microcámara en el ámbito de la enseñanza de la cosmetología tiene un impacto positivo y directo sobre la motivación del alumnado. La introducción de estas herramientas no solo facilitó la medición objetiva de variables relacionadas con la seborrea y la pitiriasis, sino que también generó un entorno didáctico más atractivo, promoviendo la participación activa del alumnado.

El uso de la tecnología contribuyó a estimular el interés y el compromiso, posicionando al alumno como agente activo en el proceso de investigación. Ningún estudiante abandonó por completo el proyecto y todos mostraron mayor implicación en las tareas. Los registros anotados en el cuaderno de campo del profesorado sugieren una mejora del clima en el aula favoreciendo la convivencia y la cooperación entre los compañeros y compañeras. Se observó una asistencia a clase más regular en comparación con las semanas anteriores. Un

pequeño segmento del alumnado no respondió con el mismo nivel de motivación, lo cual sugiere que es necesario diversificar las estrategias motivacionales, adaptándolas a los diferentes perfiles y necesidades.

Durante el desarrollo del proyecto se organizaron unas jornadas científicas para que el alumnado bajo el rol de "investigadores" presentase los resultados obtenidos respecto a la eficacia del champú sólido. Los datos procedentes del sebómetro y la microcámara sugieren resultados comparables en cuanto a la disminución de la grasa capilar y la mejora del estado del cuero cabelludo empleando tanto el champú sólido como el champú líquido comercial. Esta experiencia científica representó un cambio de actitud para muchos estudiantes, quienes por primera vez obtuvieron un diploma de reconocimiento académico. Así mismo, esta acreditación de "investigador científico" elevó su autoestima según indican varios de los alumnos en la encuesta de valoración final de la práctica.

Discusión y conclusiones

En el proyecto de *Investigadores en Cosmetología* detectamos que la introducción de iniciativas sostenibles apoyadas con herramientas tecnológicas tiene un impacto positivo en el aprendizaje de las ciencias. Esta combinación permite transformar significativamente la percepción del alumnado hacia materias que tradicionalmente han sido consideradas como difíciles de asimilar. Al relacionar contenidos de física y química con el diseño de un champú sólido sostenible en el aula se logra que el alumnado comprenda conceptos complejos como la tensión superficial, el pH o la solubilidad. El estudiantado consigue vincular estos términos teóricos con el uso de un producto real que utiliza diariamente, no solo como individuos sino también como futuros profesionales de la imagen personal.

El estudio de la eficacia del champú sólido para el tratamiento de las alteraciones capilares (pitiriasis y seborrea) con respecto al champú líquido aporta al alumnado un conocimiento técnico adicional. Según los resultados obtenidos para las variables analizadas, pueden proponer la utilización del champú sólido validando su capacidad detergente, la equivalencia con la eficacia del champú líquido comercial específico y su ventaja como producto sostenible.

Con este enfoque práctico-tecnológico detectamos un cambio en la motivación del alumnado ya que, descubren como los conocimientos aprendidos tienen una utilidad práctica. Además, se enfrentan a los retos que la sociedad actual demanda a la industria cosmética, como es el uso cada vez más extendido de productos cosméticos sostenibles.

Cabe destacar que el hecho de trabajar siguiendo el método científico, partiendo de una hipótesis y analizando los resultados obtenidos, reforzó su pensamiento crítico y su autonomía. Esto implica que el alumnado mejoró en las competencias clave de forma natural y espontánea (competencia en comunicación lingüística, competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería), que son necesarias para su formación profesional.

No obstante, este cambio de perspectiva requiere continuidad y refuerzo en el tiempo para consolidarse como hábito de estudio que garantiza el aprendizaje y adquisición de nuevas aptitudes. Además, sería interesante la repetición de esta práctica en otros contextos educativos para comparar y confirmar si se obtienen los mismos resultados.

Es importante señalar algunas limitaciones del proyecto: aunque se realizó un registro cualitativo para analizar la participación y el compromiso del alumnado mediante observación y notas de campo, no se aplicaron instrumentos cuantitati-

vos específicos, como cuestionarios estandarizados o rúbricas de evaluación sistematizadas, que permitieran medir con mayor precisión los cambios en variables motivacionales o de aprendizaje del propio alumnado. Incluir estos instrumentos en futuras investigaciones permitiría obtener datos más robustos y comparables, complementando así los resultados observados y reforzando la validez de las conclusiones.

El éxito del proyecto radica en haber convertido un estudio técnico en una experiencia formativa integral. Iniciativas como la presentada constituyen un ejemplo de cómo la investigación aplicada, cuando se diseña con metodologías activas, puede convertirse en un motor de cambio en el estudio de las ciencias, despertando el interés y la implicación del alumnado en su aprendizaje y contribuyendo a su desarrollo como profesionales responsables y ciudadanos comprometidos. No obstante, se recomienda seguir implementando enfoques complementarios para garantizar la inclusión y el estímulo de los estudiantes menos receptivos a las estrategias aplicadas.

En resumen, el desarrollo de proyectos de investigación que integren tecnología, metodologías activas y estrategias motivacionales aplicadas en el desarrollo de un producto real con efecto positivo sobre el entorno pueden ser determinantes en la mejora del rendimiento, la participación y la satisfacción del alumnado, que transciende a otros ámbitos académicos y profesionales.

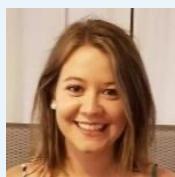
Agradecimientos

Se reconoce la colaboración de la orientadora Dña. Isabel Ullán Martín, a la Profesora Técnico Vanesa Escudero Moreno y al resto del equipo docente del CFGS Peluquería y Estética del CIFP Rodríguez Fabrés (curso 2022-2023). El trabajo científico fue supervisado por el Dr. Fernando Lezcano Barbero, profesor de la Universidad de Burgos.

Un agradecimiento especial al Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y la Química (GEDH) de las Reales Sociedades Españolas de Física y de Química (RSEF y RSEQ) por la concesión del Segundo Premio a la Labor Educativa "Física y Química para el Desarrollo Sostenible" otorgado en 2023.

Bibliografía

- [1] J. Osborne, S. Simon, S. Collins, *Inter. J. of Sci. Ed.* **2003**, 25(9), 1049-1079, <https://doi.org/10.1080/0950069032000032199>.
- [2] D. F. Treagust, R. Duit, *Cult Stud of Sci Educ.* **2008**, 3, 297-328, <https://doi.org/10.1007/s11422-008-9090-4>.
- [3] Fundación Tomillo, "El perfil del alumnado de formación profesional básica en España", disponible en <https://tomillo.org/wp-content/uploads/2022/12/Informe-El-Perfil-del-Alumnado-FPB-final.pdf>, **2022** [consultado 24/07/2025].
- [4] M.C. Villanueva, S. G. Ortega, S. L. Díaz, *Rev. Est. Exp. Ed.* **2022**, 21(45), 433-445, <https://doi.org/10.1007/s11422-008-9090-4>.
- [5] Organización de las Naciones Unidas, "Objetivos y metas de desarrollo sostenible", disponible en <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>, **2025** [consultado 19/06/2025].
- [6] B. Harreveld, M. Danaher, C. Lawson, B.A. Knight, G. Busch (eds.), *Constructing Methodology for Qualitative Research*, Palgrave Macmillan, London, **2016**.
- [7] S. Vázquez-Toledo, C. Latorre-Coscolluela, M. Liesa-Orús, *Rev. Es. Ori. Psi.* **2021**, 32(1), 116-131, <https://doi.org/10.5944/reop.vol.32.num.1.2021.30743>.
- [8] G. Guest, E. Namey, K. McKenna, *Field Met.* **2017**, 29(1), 3-22, <https://doi.org/10.1177/1525822X16639015>.

**Estela Peral Elena**

CIFP Rodríguez Fabrés, Departamento de Orientación, Salamanca
C-e: estela.perele@educa.jcyl.es
ORCID: 0009-0001-7694-8944

Licenciada en Ingeniería Química por la Universidad de Salamanca en 2013. Cuatro años de experiencia en multinacional del sector energético. En 2018 obtiene plaza por oposición en el Cuerpo de Profesores de Enseñanza Secundaria (especialidad de Física y Química). Máster en Prevención e Intervención Psicológica en Problemas de Conducta en la Escuela (VIU, 2022). Actualmente ejerce docencia en el CIFP Rodríguez Fabrés y cursa estudios de Doctorado en Educación en la Universidad de Burgos bajo la dirección del Dr. Fernando Lezcano Barbero.

**Olga Hernández González**

IES Gabriel y Galán, Departamento de Imagen Personal, Plasencia (Cáceres)
C-e: ohernandezg04@educarex.es
ORCID: 0009-0003-5088-2283

Licenciada en Ciencias Biológicas por la Universidad de Salamanca (2000) y Doctora en Neurociencias por la misma universidad (2005), donde obtuvo el Premio Extraordinario de Doctorado. Desarrolló su actividad científica durante 12 años en el Instituto de Neurociencias de Castilla y León (INCyL). Posteriormente, ha ejercido como Profesora de Secundaria en Formación Profesional durante 17 años. En el último curso coordinó el proyecto de innovación educativa Foros Nativos Digitales de la Junta de Extremadura. Actualmente es jefa de estudios en el IES Gabriel y Galán de Plasencia (Cáceres) y profesora de la familia profesional de Imagen Personal.

**Mª Jesús Olga García Moríñigo**

IES El Batán, Departamento de Imagen Personal, Mieres (Asturias).
C-e: mjesusolgm@educaastur.org
ORCID: 0009-0001-0899-4420

Licenciada en Ciencias Químicas por la Universidad de Salamanca. Treinta años dedicada a la enseñanza en diferentes centros de enseñanza secundaria. Actualmente es jefa de departamento de la familia profesional de Imagen Personal en el IES El Batán de Mieres, Asturias, donde sigue trabajando la formación química mediante la elaboración de cosméticos en el módulo de cosmética para estética y belleza.



17 – 20 NOVIEMBRE 2025
Zaragoza (Aragón)

Salón Rioja del Edificio Ibercaja – Patio de la Infanta

Biotecnología y detergentes en la enseñanza de la Química

Biotechnology and detergents in the teaching of Chemistry

Nuria Muñoz Molina^{*1,2} y Claudia Mei Molina Muñoz^{3,4}

¹ Grupo Especializado de Didáctica e Historia de las Reales Sociedades Españolas de Física y Química

² Colegio La Inmaculada, Algeciras.

³ Universidad de Granada.

⁴ Universidad de Copenhague.

PALABRAS CLAVE:

Enzimas
Tensioactivos
Energía de activación
Catalisis
Sostenibilidad

RESUMEN:

Este artículo propone utilizar el lavado de la ropa como recurso didáctico para introducir conceptos clave de la química y la biotecnología en la enseñanza de la Química en Bachillerato. La biotecnología ha transformado numerosos aspectos de nuestra vida diaria. En este estudio se elige un producto de uso cotidiano, los detergentes para el lavado de ropa, para analizar los componentes químicos de los mismos, la acción catalítica de las enzimas que contienen, su eficacia en la remoción de las manchas y los beneficios medioambientales de su uso. Además, se presentan propuestas didácticas y actividades experimentales sencillas para aplicar en el aula, fomentando la conexión entre ciencia y sostenibilidad, y promoviendo un aprendizaje significativo y contextualizado desde una perspectiva de química verde.

KEYWORDS:

Enzymes
Surfactants
Activation energy
Catalysis
Sustainability

ABSTRACT:

This article proposes using the laundry as a teaching resource to introduce key concepts of chemistry and biotechnology in high school chemistry education. Biotechnology has transformed many aspects of our daily lives. A common household product, the laundry detergent, is chosen in order to analyze the chemical components of detergents, the catalytic action of enzymes, their increased effectiveness in stain removal and the environmental benefits of their use. Additionally, different teaching proposals and hands-on activities for classroom application are presented, fostering the connection between science and sustainability and promoting meaningful and contextualized learning from a green chemistry perspective.

Introducción

“La elaboración del jabón puede parecer un arte humilde, pero es la primera preparación química de la que tenemos registros”. (Derek B. Lowe, químico y columnista de Chemistry World de la Royal Society of Chemistry).

La necesidad de lavar la ropa es un hecho que ha acompañado al hombre desde los tiempos más remotos, ya que la suciedad es algo inherente a la actividad humana y al medio que lo rodea.

El origen exacto del jabón es desconocido, probablemente era ya utilizado por los sumerios. Aunque cuenta la leyenda que el primer jabón se descubrió accidentalmente por las mujeres que lavaban la ropa a orillas del río Tíber, a los pies del monte Sapo, por lo que el término saponificación, (soap, jabón en inglés) podría venir de este monte romano, donde se sacrificaba e incineraba a los animales. El sebo, la grasa animal y las cenizas eran arrastradas por la lluvia hasta las aguas del río Tíber, formándose una pasta, lo que hacía que la ropa que allí se lavaba quedara más limpia.^[1]

El lavado no siempre fue una tarea fácil como hoy en día conocemos, con numerosos productos que eliminan las

manchas de forma eficiente y sostenible. Uno de los avances más relevantes en este ámbito es la incorporación de la biotecnología en los detergentes enzimáticos, lo que permite introducir de forma integrada conceptos de química orgánica, bioquímica, equilibrio ácido-base, tensioactivos, reacciones enzimáticas y sostenibilidad ambiental.

La enseñanza de la química en la educación preuniversitaria enfrenta el desafío recurrente de conectar los contenidos curriculares con el entorno cotidiano del alumnado. Frente a este reto, la incorporación de temas aplicados y cercanos, como la formulación de detergentes y el proceso de lavado de la ropa, puede convertirse en una herramienta didáctica para generar interés, promover el aprendizaje significativo y desarrollar competencias científicas.

El presente artículo propone abordar el tema de la biotecnología en detergentes como un recurso educativo con alto valor didáctico. A través del análisis de su formulación química y su impacto ambiental, se presentan también propuestas concretas para trabajar estos contenidos en el aula, fomentando la curiosidad científica, el pensamiento crítico y la conciencia ecológica del alumnado.

CÓMO CITAR: N. Muñoz, C. Molina. An. Quím. RSEQ 2025, 121, 251-256, <https://doi.org/10.62534/rseq.aq.2054>

* C-e: nmunzomolina@ainmaculadaalgeciras.com

Manuscrito recibido: 14/07/2025 · aceptado: 29/08/2025

El detergente: una formulación química compleja

El jabón tradicional, una sal alcalina (de potasio o sodio generalmente) de un ácido graso de cadena larga, se utilizó para eliminar la suciedad y las manchas en los tejidos hasta la aparición de los primeros detergentes sintéticos a inicios del siglo XX. Las moléculas de jabón son anfipáticas, es decir, constan de dos partes (ver figura 1):

- Una cola apolar (lipófila o hidrófoba) que se dispone hacia las moléculas de grasa, formando micelas y "atrapándolas" y repeliendo el agua.
- Una cabeza polar (hidrófila o lipófoba) que se orienta hacia la capa de agua que rodea dichas micelas y que repele las moléculas de grasa.

El encapsulamiento de la grasa en la micela impide que se vuelva a adherir al tejido, formándose una emulsión que se puede separar de la superficie que se está lavando.

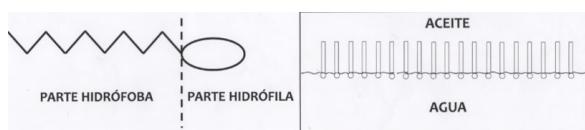


Figura 1. Estructura anfipática de las moléculas de jabón.
(Generada con IA).

Sin embargo, los jabones son inefectivos para la limpieza en agua dura ya que esta agua contiene sales de cationes de mayor carga, especialmente magnesio y calcio, y hace que las moléculas de jabón precipiten en forma de sales insolubles y no puedan ejercer su acción.

Estas limitaciones de los jabones dieron impulso a la industria de los detergentes cuyas sales son solubles en agua. Los detergentes modernos son formulaciones químicas complejas que mezclan distintos componentes con una misión específica cada uno. Se llevan a cabo dos procesos: uno físico, la eliminación de las manchas y otro químico, la modificación de las mismas por oxidación o hidrólisis. Contienen una combinación equilibrada de ingredientes diseñados para eliminar distintos tipos de suciedad, mantener la estabilidad del producto, cuidar los tejidos y minimizar el impacto ambiental.

Comprender esta complejidad ofrece al profesorado una excelente oportunidad para trabajar múltiples conceptos de química general.

Un detergente completo puede tener más de 20 componentes, pero los principales son los tensioactivos, los coadyuvantes y otros componentes.

Tensioactivos: núcleos funcionales del detergente

Son los componentes anfipáticos que se encargan de emulsionar las grasas y disminuir la elevada tensión superficial del agua ya que ésta dificulta el proceso de detergencia.^[2]

Existen tres tipos de tensioactivos:

1. Aniónicos. Son moléculas biodegradables principalmente lineales que producen aniones en solución, su presencia es fundamental para eliminar las manchas. El más utilizado es el LAS (sulfonato de alquilbenceno lineal, ver figura 2).
2. No iónicos. Son muy solubles en agua y no producen iones. Los más utilizados son los alcoholes grasos alcoxilados, aunque no siempre están en los detergentes.
3. Jabón, que es una mezcla de sales de ácidos grasos, entre las que se encuentra el oleato de sodio, que a su vez es un tensioactivo aniónico que lava bien y además es económico.

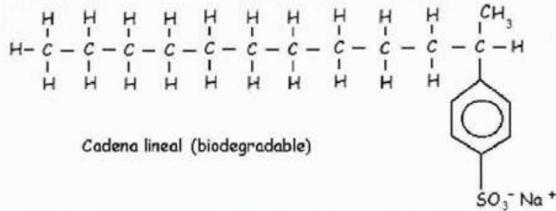


Figura 2. Fórmula del Sulfonato de alquilbenceno lineal.

La suma de tensioactivos aniónicos y jabones combina una alta eficacia con un bajo impacto ambiental. Entre los tipos de tensioactivos la suma o conjunto de aniónicos y jabones (fundamentales) es muy eficaz quitando manchas de grasas con facilidad y son sensibles al agua dura (iones Ca^{2+} y Mg^{2+}). Mientras que los no iónicos son poco sensibles. También existen los tensioactivos catiónicos, pero no se utilizan en los detergentes, sino en los suavizantes. Esto se debe a que, si se mezclaran en una misma solución con tensioactivos aniónicos, ambos perderían su efectividad al neutralizarse entre sí.

Coadyuvantes

Los coadyuvantes son compuestos que se incorporan a las formulaciones de los detergentes para potenciar la acción de los tensioactivos. Ayudan a la detergencia, sobre todo reduciendo la dureza del agua. Es importante ablandar el agua porque, de lo contrario, el LAS y el jabón pueden precipitar, lo que provocaría la eliminación del tensioactivo. Hay varios tipos de coadyuvantes:

- Ablandadores de agua, como las zeolitas o el citrato de sodio, son agentes quelantes que se encargan de disminuir la concentración de iones de calcio y magnesio, responsables de la dureza del agua. Al formar complejos solubles con estos iones, se evita la precipitación de sales insolubles, lo que no solo previene la formación de depósitos de cal, sino que también facilita la acción de los detergentes durante los procesos de limpieza. Estos compuestos permiten introducir conceptos en el aula como la formación de complejos y la solubilidad.^[3]
- Blanqueantes ópticos, que mejoran la apariencia de los tejidos haciéndolos parecer más blancos y brillantes, gracias a su capacidad de absorber la luz ultravioleta y emitir luz azul.^[4] También se añaden blanqueantes químicos, como el perborato de sodio, que a temperaturas superiores a 60°C se descompone produciendo agua oxigenada, el verdadero blanqueante; aunque actualmente se está sustituyendo por el percarbonato de sodio que actúa a menor temperatura. Estos componentes pueden servir como base para tratar temas de espectroscopía y reacciones redox.
- Alcalinizantes, como el silicato sódico, que mantienen el pH del lavado entre 10 y 11, condición que incrementa la solubilidad de grasas y proteínas al modificar su carga superficial, potencia la acción de los tensioactivos presentes en los detergentes y contribuye a la desinfección del material lavado al crear un ambiente desfavorable para la proliferación microbiana. Además es también el compuesto que se ocupa de mantener el tambor de la lavadora brillante. Nos sirve para introducir el tema de reacciones de transferencia de protones.

Otros componentes con funciones diversas

En esta categoría se incluyen muchos componentes, aunque los principales son:

- Agentes de antirredepositión: Evitan que la mancha se redeposite, actuando como un campo eléctrico que repele a la suciedad. Se utiliza la carboximetilcelulosa.
- Conservantes antimicrobianos para garantizar la estabilidad del producto durante su almacenamiento.
- Fragancias para garantizar el buen olor de la ropa.
- Enzimas que actúan de forma específica sobre los distintos tipos de manchas (como se verá en el siguiente apartado).

Estos aditivos no solo mejoran el rendimiento del producto, sino que también permiten trabajar temas de bioquímica y química orgánica a nivel académico.

Además, hay un elemento natural que influye decisivamente en la eliminación de las manchas; la luz solar, los rayos ultravioletas tienen la propiedad de acabar de eliminar manchas que no fueron completamente eliminadas durante el lavado.

Este análisis de la formulación permite demostrar al alumnado que, detrás de un producto cotidiano existe una gran complejidad química. Así, el detergente se convierte en un recurso ideal para enseñar formulación, propiedades de compuestos, interacciones moleculares y principios de sostenibilidad.

Biotecnología en acción: enzimas en detergentes

La primera vez que se fabricó un detergente con enzimas fue en 1913 en Alemania. Sin embargo, su producción a gran escala no fue posible hasta la llegada de la tecnología del ADN recombinante, que a partir de 1988 permitió clonar y expresar genes de enzimas en microorganismos, obteniéndolas en cantidades comerciales para uso en detergentes.

El uso de enzimas en detergentes representa uno de los avances más notables en la aplicación de la biotecnología industrial. Estas biomoléculas, obtenidas a partir de microorganismos modificados y seleccionados, permiten eliminar manchas específicas de forma más eficaz y en condiciones más suaves que los agentes químicos tradicionales. Su introducción ha mejorado el rendimiento del lavado, reducido la necesidad de altas temperaturas y contribuido al desarrollo de detergentes más sostenibles.

Enzimas como catalizadores biológicos.

Las enzimas son proteínas compuestas por aminoácidos que se obtienen a partir de microorganismos, que catalizan y aceleran las reacciones químicas con gran selectividad. Su papel es disminuir la energía de activación necesaria para que se dé la reacción, haciendo que ésta se dé en menor tiempo y con más facilidad (ver figura 3). En el contexto del lavado, actúan sobre compuestos orgánicos presentes en las manchas, transformándolos en productos solubles en agua que pueden ser eliminados fácilmente. Son muy sensibles frente a cambios de temperaturas y pH y aunque su concentración en los detergentes es inferior al 1%, esta cantidad es suficiente ya que se recuperan intactas al final de la reacción química que promueven y su origen biológico las torna biodegradables.

Los tipos de enzimas usados en detergente se recogen en la Tabla 1.

Ventajas del uso de enzimas

Las principales ventajas de utilizar detergentes enzimáticos son:^[4]

- Eficiencia a bajas temperaturas, ya que las enzimas actúan como catalizadores biológicos que aceleran la degradación de grasas, proteínas y almidones incluso en condiciones moderadas de temperatura. Esto permite una limpieza eficaz sin necesidad de calentar el agua, reduciendo así el consumo energético y las emisiones de CO₂,

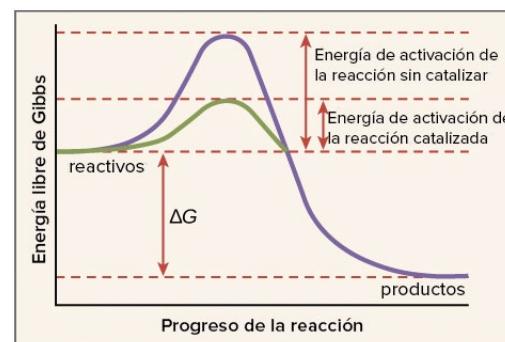


Figura 3. Diagrama de energía libre de Gibbs de una reacción catalizada. Imagen modificada de "Energía potencial, cinética, libre y de activación: Figura 5," por OpenStax College, Biology, CC BY 3.0

Tabla 1. Principales enzimas utilizadas, sustrato sobre el que actúan, tipo de reacción catalizada y eliminación de manchas.[5]

Tipo de enzima	Sustrato	Reacción catalizada	Acción sobre las manchas
Proteasa	Proteína	Hidroliza las proteínas transformándolas en fragmentos más pequeños: péptidos y aminoácidos.	Elimina manchas de huevo, leche, tomate, sangre... y presenta un buen funcionamiento a baja temperatura.
Amilasa	Almidón o glucidos de cadena larga	Hidroliza los glucidos en azúcares más simples.	Elimina manchas de almidón, como purés, pastas, papillas o chocolate.
Lipasa	Grasa	Hidroliza las grasas transformándolas en ácidos grasos y glicerol.	Elimina manchas de aceite, sudor, cosméticos...
Celulasa	Celulosa	Hidroliza las uniones glucosídicas de la celulosa.	Actúa sobre el algodón o el lino. Produce beneficios tales como suavidad, blanqueo y cuidado de colores.

lo que representa un beneficio tanto económico como ambiental.

- Menor impacto medioambiental, al ser moléculas de origen biológico que se biodegradan fácilmente.
- Reducción de agentes químicos agresivos, como blanqueantes clorados o alcalinos fuertes.
- Mejora de la formulación final, al actuar de manera complementaria a los tensioactivos.
- Una cantidad muy pequeña de estos inagotables biocatalizadores sustituye grandes cantidades de productos químicos fabricados por el hombre. La enzima no pierde su funcionalidad tras haber actuado sobre una mancha y continúa actuando sobre la siguiente, ya que son catalizadores.

Desde el punto de vista educativo, el uso de enzimas en detergentes permite abordar conceptos de catálisis y cinética química, especificidad enzimática y estructura molecular, equilibrio ácido-base, pH óptimo de actividad y desnaturización proteica.

Propuesta didáctica para el aula

Así a través de ejemplos prácticos y productos reales como el entorno doméstico del alumnado, se puede acercar la bioquímica, la biotecnología industrial y la producción sostenible al aula de forma contextualizada. Para ello, el contexto del lavado de la ropa y la formulación de detergentes ofrece un marco didáctico versátil para trabajar contenidos curriculares de química en bachillerato. Además de facilitar la comprensión de conceptos científicos, permite fomentar el pensamiento crítico y la conciencia ambiental del alumnado.

A continuación, se presentan diversas propuestas para incorporar este tema como diferentes situaciones de aprendizaje, con especial énfasis en metodologías activas.

Análisis de etiquetas: descubriendo la química en el supermercado

Esta es una actividad sencilla y motivadora que puede realizarse en grupos.

Los estudiantes traen a clase envases vacíos de detergentes de uso doméstico. Se analizan los componentes indicados en la etiqueta: tensioactivos, enzimas, conservantes, perfumes, etc. Se investiga la función de cada componente y se elabora una tabla comparativa entre diferentes marcas o tipos (enzimáticos vs. convencionales). La búsqueda de información puede realizarse en libros de texto, páginas web de confianza y material divulgativo recomendado por el docente.

Esta actividad permite trabajar la formulación química, la química del carbono, nomenclatura y clasificación de compuestos.

Identificación de enzimas en detergentes

Se pueden diseñar ensayos de laboratorio para detectar la presencia o la ausencia de enzimas en diferentes muestras de detergentes enzimáticos y convencionales.

- Para identificar la presencia de proteasa se elaborará gelatina neutra, añadiendo una cucharada del detergente que queremos testar (ver figura 4).

Fundamento: La gelatina alimenticia es un derivado del colágeno, que contiene esta proteína en una proporción de 84%-90%. Cuando el colágeno se desnaturaliza por ebullición y se deja enfriar, manteniéndolo en una disolución acuosa forma un coloide y se convierte en una sustancia muy conocida, la gelatina. Es más eficaz usar gelatina incolora ya que las proteasas de los detergentes funcionan en medio alcalino, y las versiones coloreadas de sabores diferentes contienen aditivos acidificantes que pueden llegar a alterar el pH. Si la gelatina no solidifica, la muestra de detergente contiene proteasa, debido a que hidroliza el colágeno que contiene transformándolo en fragmentos más pequeños: péptidos y aminoácidos, impidiendo la formación del coloide.



Figura 4. Identificación de proteasa en detergentes.

Una buena pista que indica la presencia de proteasas en un detergente es si en la etiqueta se desaconseja el uso del producto en tejidos de lana y/o seda.

- Para identificar la presencia de celulasa se introduce un trozo de cáscara marrón de cebolla en distintas disoluciones preparadas para cada tipo de detergente. Si la cáscara de cebolla pierde su color, el detergente contendrá celulasa (ver figura 5).

Fundamento: En un detergente sin enzimas, la cáscara de cebolla se aclara ligeramente debido a la acción de los agentes blanqueadores sobre las capas celulares superficiales. En cambio, cuando se añaden celulasas, estas degradan la pared celular y permiten que los agentes blanqueadores eliminen por completo el color de la cáscara. En la ropa, la acción de la celulasa ayuda a eliminar las 'bolitas', suavizar los tejidos y realzar los colores.



Figura 5. Identificación de celulasa en detergentes.

- Para identificar la amilasa, se prepara un flan y se añade una cucharada del detergente que vamos a analizar. Si el flan no se vuelve consistente, contendrá amilasa (ver figura 6).

Fundamento: El flan contiene almidón, que es una mezcla de dos polisacáridos muy similares, la amilosa y a amilopectina. Cuando se disuelve el almidón en agua, la estructura cristalina de las moléculas de amilosa y amilopectina se pierde y éstas se hidratan, formando un gel, es decir, se gelatiniza. Si este gel se enfria, las moléculas se reordenan, colocándose las cadenas lineales de forma paralela y formando enlaces de hidrógeno. Cuando ocurre este reordenamiento, el agua retenida es expulsada fuera de la red (proceso conocido como sinéresis), es decir, se separan la fase sólida (cristales de amilosa y de amilopectina) y la fase acuosa. El fenómeno de sinéresis es el que observamos en la elaboración del flan. La muestra de flan que se haya mezclado con un detergente con amilasa permanecerá líquido, porque esta enzima hidroliza el almidón transformándolo en azúcares más simples e impiendiend el fenómeno de sinéresis.



Figura 6. Identificación de amilasa en detergentes. Fuente propia.

- Para identificar la lipasa, se añade una cucharada del detergente a un vaso con nata líquida para cocinar junto con unas gotas de fenolftaleína que adquirirá un color púrpura. Si la mezcla pierde color, el detergente contiene lipasa (ver figura 7).

Fundamento: Algunos detergentes contienen lipasas, una enzima que fragmenta los lípidos transformándolos en ácidos grasos y glicerol. En esta reacción se liberan ácidos grasos que disminuyen el pH del medio. Para ello se añade fenolftaleína, un indicador que es fucsia para valores de pH mayores a 10 e incoloro para valores menores a 8,2. La pérdida de color del producto indica la acidificación del medio por acción de las lipasas, ya que en este caso se detecta la presencia de ácidos grasos que disminuyen el pH.



Figura 7. Identificación de lipasa en detergentes.

Gestión de residuos

Para garantizar que las prácticas sean seguras y responsables: Los restos de las mezclas de alimentos con detergentes deben recogerse en un contenedor para residuos jabonosos y gestionarse como residuos de laboratorio no peligrosos. En el caso de trabajar del residuo generado (nata + detergente + fenolftaleína) se recogerá aparte en un contenedor para disolventes orgánicos y se entregarán al gestor autorizado.

Comparación experimental de detergentes

Para comprobar la eficacia de diferentes detergentes, se puede diseñar una sencilla práctica de laboratorio:

- Aplicar diferentes manchas (grasa, proteína, almidón) sobre retales del mismo tipo de tela, simulando un muestrario textil EMPA © (ver figura 8).
- Lavar con distintos detergentes (con y sin enzimas) a distintas temperaturas para observar su eficacia.



Figura 8. Muestrario de telas con manchas después de lavarlas con detergentes con y sin enzimas en frío y en caliente.

Tabla 2. Rúbrica para evaluar la intensidad de la mancha una vez lavado el tejido.

Puntuación	Características de la mancha
5	Control positivo: muestra con la mancha (Mancha sin lavar).
4	Muy visible (La mancha permanece claramente perceptible)
3	Parcialmente visible (La mancha aún se observa, pero ha desaparecido parcialmente)
2	Poco visible (La mancha es tenue y solo perceptible al mirar con atención)
1	Apenas visible (La mancha se detecta muy débilmente, casi desaparecida; apenas perceptible).
0	Control negativo: muestra sin manchar (No se observa ninguna mancha)

- Evaluar el resultado visualmente y con ayuda de una rúbrica (ver tabla 2).
- Relacionar los resultados con la acción específica de las enzimas, la temperatura óptima de trabajo y el concepto de catálisis.

Pensamiento crítico: ¿Qué detergente elegirías?

Se propone al alumnado investigar y responder a preguntas guía como, siguiendo la metodología indicada en la tabla 3:

- ¿Cuál es el detergente más eficaz y sostenible del mercado entre las muestras analizadas?
- ¿Cómo elegirías un detergente si tuvieras alergia, preocupación por el medioambiente o presupuesto limitado?

El alumnado puede organizarse en grupos para:

- Investigar diferentes tipos de detergentes (industriales, ecológicos, enzimáticos).
- Estudiar procesos de fabricación y normativas sobre biodegradabilidad.
- Elaborar una presentación, póster o infografía con argumentos científicos.

Esta propuesta promueve el trabajo interdisciplinar, el pensamiento crítico, y la toma de decisiones basada en evidencias.

Conexión curricular

Los contenidos abordados permiten trabajar elementos del currículo de forma transversal con alumnado de bachillerato.

Saberes básicos como: tipos de sustancias, mezclas y disoluciones, formulación, química orgánica, reacciones de hidrólisis, reacciones ácido-base, reacciones redox, cinética química, catálisis, solubilidad y precipitación.

Competencias clave: competencia en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM), competencia digital (CD), competencia personal, social y de aprender a aprender (CP-SAA), conciencia ecológica, trabajo cooperativo y comunicación oral y escrita.

Concretamente estas actividades se llevaron a cabo con alumnado de 1º de Bachillerato, lo que permitió constatar una mejora en la comprensión de los componentes y mecanismos de acción de los detergentes, así como en la aplicación de conceptos de química. Los estudiantes desarrollaron competencias experimentales y de pensamiento crítico al comparar la eficacia

Tabla 3. Metodología de la actividad.

Fase	Acciones del alumnado	Rol del profesor
Organización	Se forman grupos de 3 a 5 estudiantes y eligen el tipo de detergente a investigar (industrial, ecológico, enzimático, etc.).	Explica la dinámica de trabajo, asigna tiempos y sugiere posibles líneas de investigación.
Investigación	Buscan información en internet, etiquetas de productos, libros o normativas sobre biodegradabilidad y sostenibilidad.	Orienta en el uso de fuentes fiables, resuelve dudas conceptuales y propone recursos adicionales.
Análisis crítico	Responden a las preguntas guía, discuten ventajas e inconvenientes y comparan productos.	Plantea contraargumentos, fomenta el debate y guía hacia la toma de decisiones fundamentadas.
Elaboración del producto final	Preparan una presentación, póster o infografía con sus conclusiones y argumentos científicos.	Supervisa el trabajo, asesora sobre el formato de comunicación científica y da retroalimentación.
Puesta en común	Exponen los resultados al resto de la clase y participan en un debate colectivo.	Modera la discusión, asegura la participación equitativa y resume los aprendizajes clave.

y sostenibilidad de distintos detergentes, elaborando conclusiones basadas en evidencias. Además, se observó un aumento en la motivación y en la conciencia medioambiental, lo que refuerza el valor educativo de integrar contenidos científicos con problemáticas de la vida cotidiana.

Estas actividades ofrecen una vía para acercar la química a los intereses y vivencias del alumnado, facilitando una comprensión más profunda y aplicable de los contenidos científicos.

Conclusiones

Uno de los grandes retos de la enseñanza de las ciencias en el siglo XXI es incorporar la sostenibilidad como eje transversal del currículo. La química, a menudo percibida como una disciplina

contaminante o artificial, tiene un papel crucial en la transición hacia modelos más respetuosos con el medioambiente.

En este sentido, los detergentes enzimáticos constituyen un ejemplo paradigmático de aplicación de los principios de la química verde y una excelente oportunidad para fomentar en el alumnado una visión más crítica y responsable de la ciencia, ilustrando cómo los avances científicos pueden mejorar productos de uso diario y, al mismo tiempo, reducir su impacto ambiental.

Estas aplicaciones reales facilitan la motivación del alumnado, refuerzan la conexión entre teoría y práctica, y promueven actitudes responsables hacia el consumo y el medio ambiente.

Bibliografía

- [1] K. Dudhat, "Exploring Innovations in Soap and Syndet Bar Formulations: A Comprehensive Review", disponible en <https://www.auctoresonline.org/article/exploring-innovations-in-soap-and-syndet-bar-formulations-a-comprehensive-review?2024> (consultado: 29/06/2025).
- [2] K.C. Cheng, Y.-H. Pai, C.-H. Chang, K.-T. Yu & H.-M. Lin, *Helion* **2020**, 6(5), <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03861>.
- [3] B. S. Sekhon, M. K. Sangha, *Resonance* **2004**, 9(8), 35-45, <https://doi.org/10.1007/BF02837576>.
- [4] O. Balcers, J. Teteris, *J. Environ. Eng. Landsc. Manage.* **2006**, 14(3), 121-125, <https://doi.org/10.3846/16486897.2006.9636888>.
- [5] "Understanding Enzyme Laundry Detergents: What You Need to Know", disponible en https://www.creative-enzymes.com/resource/understanding-enzyme-laundry-detergents-what-you-need-to-know_177.html, **2021** (consultado: 07/11/2025).

Agradecimientos

Gran parte del contenido teórico de este artículo, previo al apartado de "propuestas didácticas para el aula", está basado en las charlas que impartió D. Alfonso Moreno Dánvila a los alumnos del Colegio La Inmaculada (Algeciras) para el desarrollo de un proyecto de investigación escolar, titulado "Biotecnología en detergentes: y "Enzima" te manchas" que consiguió, entre otros, el Primer Premio de Ciencia en Acción en 2015 en la modalidad de Demostraciones de Química. D. Alfonso Moreno, al que agradecemos su inestimable contribución, es licenciado en Ciencias Químicas y fue jefe del Departamento Químico de Petresa del grupo Cepsa (San Roque, Cádiz), hasta su jubilación en 2003, habiendo desarrollado la síntesis del tensioactivo Sulfonato de Alquilbenceno Lineal (LAS).

Nuria Muñoz Molina

Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y Química (RSEQ y RSEQ). Colegio La Inmaculada, Algeciras

C-e: nmuñozmolina@laimmaculadaalgeciras.com
ORCID: 0009-0007-6246-4504

Profesora de Química y directora del Colegio La Inmaculada, Algeciras. Vocal del GEDH (RSEQ/RSEQ). Embajadora de Science on Stage. Organiza y participa en eventos de divulgación científica: Diverciencia, Ciencia en Acción, Open Science Cambre, Jornadas de Divulgadores de Ciencia (DDD), festivales de Science on Stage en Reino Unido, Hungría, Portugal, República Checa, Finlandia. Ponente en congresos nacionales e internacionales: Didáctica de la Física en Noordwijk (Países Bajos); Institute of Physics en Rugby (Inglaterra), Scientix, Iberoamericano de docentes en Algeciras, Jornadas para la Enseñanza de las Ciencias en Lleida y en Zaragoza. Premio a Tareas Educativas y Divulgativas a Profesores de Enseñanzas Preuniversitarias 2025 (RSEQ).

Claudia Mei Molina Muñoz

Universidad de Granada y Universidad de Copenhague

C-e: claudiaimeimolina@gmail.com
ORCID: 0009-0005-5222-8183

Graduada en Biotecnología por la Universidad de Granada (UGR).

Estudiante de Máster en Inmunología e Inflamación en la Universidad de Copenhague. Alumna interna en el Departamento de Biología Celular de la UGR. Prácticas externas curriculares en el Instituto de Innovación e Investigación Biomédica (INIBICA). Colaboradora en el Proyecto de Innovación Docente en el Departamento Genética de la UGR. Participa en eventos de divulgación científica y obtuvo el Primer Premio y menciones de Honor en Ciencia en Acción, Open Science Cambre, Diverciencia. Voluntaria en la Semana de la Ciencia de la Universidad de Granada y en la Noche Europea de los Investigadores.

Benceno: 200 años en el corazón de la Química

Benzene: 200 years at the heart of Chemistry

Otilia Val Castillo

IES Lluís Simarro Lacabra, Departamento de Física y Química, Xàtiva, Valencia.

PALABRAS CLAVE:

Benceno
Michael Faraday
August Kekulé
Educación química
Historia de la ciencia

RESUMEN:

En 2025 se cumplen 200 años del descubrimiento de la molécula del benceno por parte de Michael Faraday. En la actualidad, el benceno es la materia prima de una gran cantidad de compuestos orgánicos, incluidos muchos productos farmacéuticos, plásticos, tintes y otros materiales. Su estructura plana y resonante lo hace especial en el ámbito de la química, por lo que es un buen momento para dedicar algunos minutos a repasar algunos aspectos relacionados con este compuesto.

KEYWORDS:

Benzene
Michael Faraday
August Kekulé
Chemical education
History of science

ABSTRACT:

2025 marks the 200th anniversary of Michael Faraday's discovery of the benzene molecule. Today, benzene is the raw material for a large number of organic compounds, including many pharmaceuticals, plastics, dyes and other materials. Its flat, resonant structure makes it special in the field of chemistry, so it is a good time to take a few minutes to review some aspects of this compound.

Introducción

El benceno es un líquido incoloro a temperatura ambiente. Es inflamable y tiene un olor dulce. Se encuentra en el petróleo crudo y es un componente de la gasolina. Tiene muchas aplicaciones: se utiliza para crear una amplia gama de otros compuestos químicos, siendo la materia prima para sintetizar el estireno, el cumeno, el ciclohexano, la anilina..., que a su vez sirven para fabricar plásticos como el poliestireno, fibras sintéticas como el nailon, resinas, gomas y lubricantes, tintes, detergentes, pegamentos, insecticidas, pesticidas, medicamentos... También es un excelente disolvente de grasas, ceras, resinas y goma. Sin embargo, la exposición al benceno puede ser perjudicial y causar graves problemas de salud, como la leucemia.^[1]

Sobre el benceno

Descubrimiento pionero (1825)

Michael Faraday (1791-1867) conocido sobre todo por sus aportaciones al electromagnetismo y a la electroquímica, aisló por primera vez, en el año 1825, benceno a partir del gas de alumbrado comprimido que había sido recogido de la pirólisis del aceite de ballena, al que llamó "carbureted hydrogen", y determinó su fórmula empírica: CH.^[2-6]

Otro químico, Laurent, propuso llamarlo feno, del griego *phainein*, que significa brillar, por haber sido descubierto en el gas de alumbrado. Este nombre nunca llegó a ser aceptado,

pero persiste en la actualidad como fenilo el nombre del grupo C₆H₅-.^[5,6]

En 1833, Eilhard Mitscherlich, un químico alemán, produjo lo que denominó bencina mediante la destilación de ácido benzoico (procedente de la goma benzoína) y óxido de calcio (cal).^[3]

En 1845, el químico inglés Charles Mansfield encontró benceno en el alquitrán de hulla, bajo la dirección de August W. Hofmann. Cuatro años más tarde, Mansfield inició la primera producción de benceno a escala industrial, basada en el método del alquitrán de hulla. El alquitrán de hulla se obtiene mediante la destilación destructiva del carbón y sigue siendo una fuente de benceno en la actualidad.^[3]

El benceno fue sintetizado por primera vez en un laboratorio en 1870 por Pierre Berthelot, que hizo pasar acetileno por un tubo al rojo vivo.^[3]

Ilusión en forma de serpiente

Entre la leyenda y la historia, se atribuye en 1865, a August Kekulé, (1829-1896), la propuesta de la estructura hexagonal de benceno, con un hidrógeno en cada esquina, tras soñar con una serpiente persiguiendo su propia cola, aunque no fue ni el único ni el primero en proponer dicha estructura.^[7]

"Estaba sentado, escribiendo mi libro, pero el trabajo no progresaba. Mis pensamientos estaban lejos. Moví la silla

CÓMO CITAR: O. Val. An. Quím. RSEQ 2025, 121, 257-260, <https://doi.org/10.62534/rseq.aq.2049>

* C.e: o.valcastillo@edu.gva.es

Manuscrito recibido: 28/06/2025 · aceptado: 26/08/2025

hacia el fuego y dormíte. Los átomos nuevamente brincaban ante mis ojos.... Mi ojo mental, agudizado por las repetidas visiones similares, podía ahora distinguir estructuras mayores de muchas conformaciones: largas filas, a veces muy apretadas, girando y retorciéndose como serpientes. Pero, ¡vean! ¿Qué fue eso? Una de las serpientes había logrado asir su propia cola y la figura danzaba burlonamente ante mis ojos. Desperté como por el destello de un relámpago;... pasé el resto de la noche desarrollando las consecuencias de la hipótesis. Señores, aprendamos a soñar y entonces, quizás, aprenderemos la verdad. (August Kekulé, 1890).^[8,9]

En un escrito dirigido al *Bulletin de la Société Chimique de Paris*, el químico alemán utilizó un curioso diagrama en el que representó los átomos de carbono con elipses, los enlaces sencillos y dobles con pequeñas líneas verticales, las uniones carbono-hidrógeno con pequeños puntos e hizo uso de flechas para indicar los sitios de unión entre los átomos terminales de la estructura, tal y como se muestra en la Figura 1.^[4,10,11]

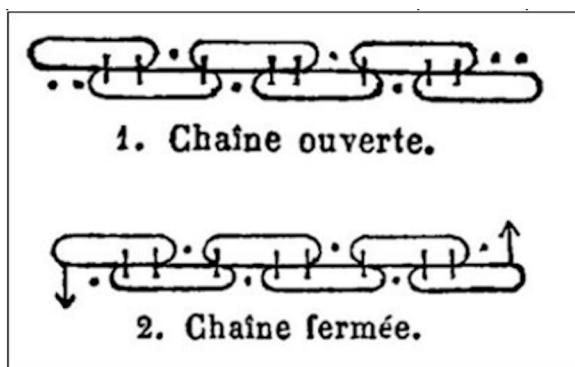


Figura 1. Representación del benceno en el artículo publicado por Kekulé en 1865. Reproducido de referencia [4].

En 1866 Kekulé publicó en la revista *Annalen der Chemie und Pharmacie*, un extenso trabajo donde presenta por vez primera su estructura cíclica para el benceno como se muestra en la Figura 2.^[4,11]

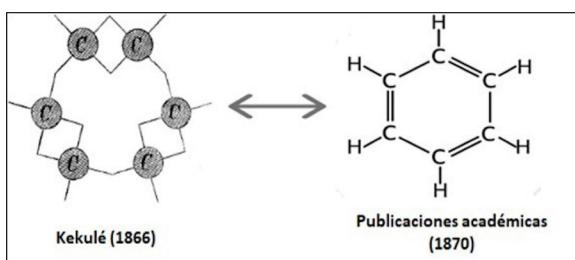


Figura 2. Representación del benceno en el artículo publicado por Kekulé en 1866, y como fue publicado en las publicaciones académicas. Reproducido de referencia [4].

Equivalecia de enlaces

La estructura de Kekulé predice enlaces dobles alternos,^[8] pero estudios de cristalografía mediante difracción de rayos X, llevados a cabo por Kathleen Lonsdale en 1929, mostraron que todos los enlaces C-C miden 1.39 Å, longitud intermedia entre los enlaces sencillos y dobles.^[3,6]

En 1931, Linus Pauling propuso su teoría de la resonancia, que describe los electrones deslocalizados y es capaz de expli-

car las reacciones conocidas del benceno. Esta teoría justifica la menor energía de los electrones deslocalizados y la razón por la que las reacciones del benceno son principalmente reacciones de sustitución electrofílica.^[3]

Estabilidad y energía de resonancia

La entalpía de hidrogenación del benceno es aproximadamente 155 kJ·mol⁻¹ menor de lo esperado para tres dobles enlaces conjugados.^[3]

El benceno es el ejemplo clásico de un compuesto aromático, término que no tiene nada que ver con su olor, debido a su alta volatilidad, consecuencia de sus débiles interacciones intermoleculares, sino con una estructura cíclica con electrones deslocalizados que le otorgan una gran estabilidad y, al mismo tiempo, una reactividad característica. Esto hace que el benceno y sus derivados sean muy diferentes de otros compuestos con dobles enlaces.

Molécula no polar

La equivalencia de los enlaces del benceno se explica en la teoría del enlace de valencia mediante una hibridación de los átomos de carbono del tipo sp².^[6] La estructura hexagonal plana y su simetría hace que la distribución de la densidad electrónica sea uniforme, lo que lo convierte en una molécula no polar.

Por ello, las únicas fuerzas intermoleculares presentes entre las moléculas de benceno son del tipo de dispersión o de London. Ocurren porque, en un momento dado, la distribución de electrones alrededor de una molécula puede volverse temporalmente asimétrica, creando un dipolo instantáneo. Este dipolo puede inducir un dipolo similar en las moléculas vecinas, generando una atracción débil pero persistente.

Las fuerzas de dispersión de London explican por qué el benceno es un líquido a temperatura ambiente (punto de ebullición de 80 °C) y puede solidificarse a temperaturas más bajas. La fuerza de estas interacciones aumenta con el tamaño y el número de electrones de las moléculas, lo que permite que el benceno interactúe con otras moléculas y con él mismo.

Espectros

La resonancia magnética nuclear de protones del benceno consiste en un único pico a 7,26 ppm, ya que todos sus protones son equivalentes, y experimentan el mismo campo magnético local. El espectro de RMN del carbono-13 del benceno es un único pico a 128 ppm.^[3]

Isómero “curioso”: Benceno de Dewar

El benceno de Dewar (también dewarbenceno) o biciclo[2.2.0]hexa-2,5-dieno (Figura 3) es un isómero bicíclico del benceno. En 1869, James Dewar incluyó esta estructura en una lista de posibles estructuras del C₆H₆.^[12] Sin embargo, no la propuso como la estructura del benceno y, de hecho, apoyó la estructura correcta propuesta anteriormente por August Kekulé en 1865. El isómero “Dewar benzene” es inestable y se convierte en benceno normal con una vida media de unos dos días a temperatura ambiente.^[13]

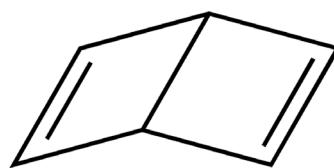


Figura 3. Estructura del Dewarbenceno.

El benceno en Titán

El espectrómetro de la sonda espacial Cassini detectó benceno y otros hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) en la atmósfera de Titán, la luna de Saturno, como parte de la neblina que la cubre. Estos compuestos, formados por cadenas de benceno, absorben la luz ultravioleta del Sol y ayudan a mantener la estabilidad de la atmósfera de Titán.^[14,15]

Riesgos para la salud

El benceno está clasificado como carcinógeno del Grupo 1 por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC).

La exposición a corto plazo a altos niveles de benceno puede causar mareos, dolores de cabeza, temblores, confusión, inconsciencia y muerte.^[16-17]

La exposición a largo plazo puede afectar a la producción de la médula ósea, resultando en trastornos sanguíneos como anemia y leucemia.^[16-17]

Puede debilitar el sistema inmunitario, haciendo a los individuos más susceptibles a infecciones, y afectar la salud reproductiva, potencialmente causando irregularidades menstruales y disminución de la fertilidad.^[16-17]

El contacto directo de la piel con el benceno puede causar enrojecimiento, ampollas y dermatitis.^[1]

Impacto ambiental

El benceno se encuentra de forma natural en emisiones volcánicas y en incendios forestales. También lo respiramos en pequeñas cantidades en ambientes urbanos debido a los escapes de automóviles y humo de cigarrillos.^[16]

Aunque el benceno puede ser descompuesto por microorganismos en el suelo y el agua, el proceso es lento, por ello, los derrames y fugas pueden contaminar el suelo y fuentes de agua. Por este motivo, las agencias ambientales de todo el mundo han establecido límites a las emisiones de benceno para proteger la calidad del aire y del agua.^[17]

Usos

Químicamente experimenta reacciones de sustitución en lugar de reacciones de adición, preservando su anillo aromático.

Aunque su uso como disolvente ha disminuido por causar leucemia, en la actualidad sigue siendo muy importante en la industria petroquímica para la producción del óxido de propileno, del estireno y sus derivados (poliales y glicoles propilénicos),^[18] fenol y anilina.

El benceno es una de las 20 sustancias químicas más producidas en Estados Unidos en términos de volumen. Varias industrias usan benceno para fabricar otros productos químicos, como por ejemplo el estireno y poliestireno, cumeno (en varias resinas) y ciclohexano (en nylon y fibras sintéticas). El benceno también se usa en la manufactura de ciertos tipos de caucho, lubricantes, tinturas, detergentes, medicamentos y plaguicidas.^[17]

Es un aditivo en la gasolina sin plomo para mejorar sus propiedades antitetonantes, aunque se han reducido las cantidades.

El benceno y los premios Nobel

Aunque ni Michael Faraday ni August Kekulé recibieron el premio Nobel, ya que fallecieron antes de que se entregaran los primeros a principios del siglo XX, tres de sus alumnos lo obtuvieron: Jacobus Henricus van 't Hoff, el primer galardonado con el Premio Nobel de Química en 1901, Svante Arrhenius en 1903 y Wilhelm Ostwald en 1909. Esto demuestra la gran influencia de Kekulé en la química moderna.

El estudio del benceno y sus derivados ha contribuido también a la concesión de varios premios Nobel.^[19]

Paul Sabatier y Victor Grignard: recibieron el Premio Nobel de Química en 1912 por sus investigaciones sobre la hidrogenación catalítica de compuestos orgánicos, incluidas reacciones con derivados del benceno.

Gerhard Domagk: recibió el Premio Nobel de Medicina en 1939 por el descubrimiento del prontosil, un fármaco que contiene benceno y que fue eficaz contra infecciones bacterianas. El prontosil es un derivado de la sulfanilamida, que a su vez es un compuesto que contiene un anillo de benceno.

Robert Robinson: recibió el Premio Nobel de Química en 1947 por sus investigaciones sobre productos naturales, entre los que se encontraban estudios sobre compuestos derivados del benceno.

Linus Pauling: su trabajo sobre la resonancia y la estructura electrónica del benceno fue fundamental para la química cuántica y le valió el Premio Nobel de Química en 1954 por sus investigaciones sobre la naturaleza del enlace químico y su aplicación a la elucidación de la estructura de sustancias complejas.

John Cornforth: su trabajo sobre las reacciones químicas implicadas en la biosíntesis de productos naturales, que a menudo involucran derivados del benceno, le valió el Premio Nobel de Química en 1975 (compartido).

Reconocimientos

La enorme contribución de Faraday y de Kekulé a las ciencias se ha reconocido de muchas maneras.

Faraday apareció en billetes de 20 libras esterlinas (Figura 4).^[20] La unidad de capacidad eléctrica, en el sistema internacional de unidades, el Faradio, se llama así en su honor.



Figura 4. Michael Faraday. Reverso de un billete de 20 libras esterlinas (1991-1993). Reproducido de referencia [20].

En 1895, Kekulé fue ennoblecido por el Kaiser Guillermo II de Alemania, dándole el derecho a añadir "von Stradonitz" a su nombre, en referencia a una antigua posesión de su familia en Stradonice, Bohemia. También se le ha representado en sellos de varios países (Figura 5).

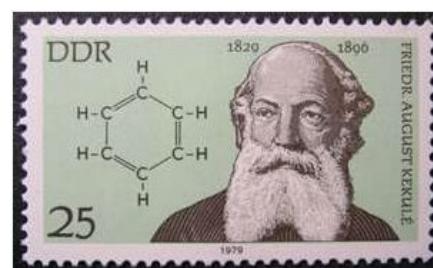


Figura 5. Sello conmemorativo de la República Democrática Alemana de 1979, para conmemorar el centenario de la estructura del benceno propuesta por Kekulé.

El benceno en la Enseñanza Secundaria

Si bien los Reales Decretos 217/2022 y 243/2022, que establecen las enseñanzas mínimas para la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y el Bachillerato, respectivamente, no incluyen una mención explícita sobre el compuesto benceno, es crucial considerar su relevancia y, por lo tanto, incluir su estudio como parte de los conocimientos básicos del bloque de la materia en el apartado correspondiente a 4.º de la ESO: «Principales compuestos químicos: su formación y sus propiedades físicas y químicas, valoración de sus aplicaciones». En él se inicia el estudio de los compuestos del carbono, ya que están presentes en todos los seres vivos y tienen múltiples usos y aplicaciones en la vida diaria: polímeros, medicamentos, combustibles, etc.

En los saberes básicos de Bachillerato, en el primer curso, aparecen las «Propiedades físicas y químicas generales de los compuestos orgánicos a partir de las estructuras químicas de sus grupos funcionales: generalidades en las diferentes series homólogas y aplicaciones en el mundo real», y en el segundo curso, el tercer bloque abarca el amplio campo de la química en el que se describen en profundidad la estructura y la reactividad de los compuestos orgánicos.^[21,22]

Conclusiones

Han transcurrido 200 años desde que Michael Faraday descubriera el benceno.

A pesar de su toxicidad, en la actualidad el benceno es la base de una gran cantidad de compuestos orgánicos, incluidos muchos productos farmacéuticos, fibras sintéticas, plásticos, tintes y otros materiales. La comprensión de su estructura y reactividad ha sido crucial para el desarrollo de estas aplicaciones, lo que ha convertido a esta molécula en una entidad especial en el ámbito de la química por su disposición y aromaticidad.

El estudio del benceno y sus derivados ha sido un campo fértil para la investigación química, y ha dado lugar a contribuciones significativas que han sido reconocidas con varios premios Nobel de Química.

En este artículo se abordan de forma somera algunos aspectos de esta molécula que pueden resultar útiles para introducir el estudio del benceno en el aula.

Bibliografía

- [1] C. Tyndall, "38 Facts About Benzene", disponible en <https://facts.net/science/chemistry/38-facts-about-benzene/>, 2025 (consultado: 26/06/2025).
- [2] M. Faraday, *Philos. Trans. R. Soc. London* **1825**, 115, 440-466, <https://doi.org/10.1098/rstl.1825.0022>.
- [3] M. Thompson, C. Style, "Benzene", disponible en <https://www.chemistry.bristol.ac.uk/motm/benzene/benzenev.htm>, 2011 (consultado: 31/10/2025).
- [4] J. Meinguier Ledesma, *Ciênc. educ. (Bauru)* **2020**, 26, <https://doi.org/10.1590/1516-7313202000019>.

- [5] A. Streitweiser, C.H. Heathcock, *Introduction to Organic Chemistry*, MacMillan, NY, 1981.
- [6] R.T. Morrison, R.N. Boyd, *Organic Chemistry*, Allyn and Baker, Inc., NY, 1983.
- [7] O. T. Benfey, *J. Chem. Edu.* **1958**, 35, 21-25, <https://doi.org/10.1021/ed035p21>.
- [8] V. Drago, P.S. Foster, K.M. Heilman, D. Aricó, J. Williamson, P. Montagna, R. Ferri, *Sleep Medicine* **2011**, 12(4), 361-366, <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2010.11.009>.
- [9] A. Kekulé, *J. Chem. Soc.* **1872**, 25, 612-619.
- [10] A. Kekulé, *Bulletin de la Société Chimique de Paris* **1865**, 3, 98-110.
- [11] A. Kekulé, *Annalen der Chemie und Pharmacie* **1866**, 137(2), 129-196, <https://doi.org/10.1002/jlac.18661370202>.
- [12] J. Dewar, *Proc. Roy. Soc. Edinburgh* **1869**, 6, 82-86, <https://doi.org/10.1017/S0370164600045387>.
- [13] J.O. Jensen, *J. Mol. Struct.: THEOCHEM* **2004**, 680(1-3), 227-236, <https://doi.org/10.1016/j.theochem.2004.03.042>.
- [14] P. León, "¿Qué consume el hidrógeno y el acetileno en Titán?", disponible en <https://www.sondasespaciales.com/2010/06/que-consume-el-hidrogeno-y-el-acetileno-en-titan/>, 2010 (consultado: 26/06/2025).
- [15] M. López-Puertas, B. M. Dinelli, A. Adriani, B. Divertido, M. García-Comas, M. L. Moriconi, E. D'Aversa, C. Boersma, L. J. Allamandola, *ApJ.* **2013**, 770, 132, <https://doi.org/10.1088/0004-637X/770/2/132>.
- [16] U.S. Department of Labor, "Occupational Safety and Health Administration, Benzene", disponible en <https://www.osha.gov/benzene> (consultado: 27/06/2025).
- [17] Agency for Toxic Substances and Disease Registry, "Resúmenes de Salud Pública – Benceno (Benzene)" disponible en https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_ph3.html, 2016 (consultado: 27/06/2025).
- [18] Repsol, "Benceno", disponible en <https://www.repsol.com/es/productos-y-servicios/materiales/productos/benceno/index.cshtml> 2025 (consultado: 28/06/2025).
- [19] The Nobel Prize, "All Nobel Prizes in Chemistry", disponible en <https://www.nobelprize.org/prizes/lists/all-nobel-prizes-in-chemistry/> (consultado: 28/06/2025).
- [20] O. Rodríguez Montoro, *An. Quím.* **2020**, 116(4), 241-252.
- [21] Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria, BOE 29 mar. **2022**, (76), disponible en <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/29/217> (consultado: 25/08/2025).
- [22] Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato, BOE 5 abr. **2022**, (82), disponible en <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2022-5521> (consultado: 25/08/2025).

Otilia Val-Castillo

Departamento de Física y Química,
IES Lluís Simarro, Xàtiva, Valencia
C.e: o.valcastillo@edu.gva.es
ORCID: 0000-0003-0335-3162

Licenciada en Ciencias Químicas por la Universidad de Murcia en 1990 y doctorada cum laude en 1993. Funcionaria desde 1995. Catedrática y jefa del departamento de Física y Química en el IES Lluís Simarro de Xàtiva. En 2021 le fue concedido el Premio Tarea Educativa y Divulgativa a Profesores de Enseñanza Secundaria, otorgado por la RSEQ-STVAL. Ha publicado artículos, impartido conferencias y participado en congresos y mesas redondas sobre las dificultades de las mujeres dedicadas a las ciencias, así como sobre la química y su didáctica.



Aprende Química experimentando

Miguel Julve, Anabel Terraes y Eva Soriano

La enseñanza de la química en la educación secundaria y el bachillerato continúa siendo uno de los grandes retos de la didáctica de las ciencias. No es casual: se trata de una disciplina que, pese a su importancia, suele percibirse por los estudiantes como abstracta, árida y alejada de la experiencia cotidiana. Desde hace décadas, los especialistas han señalado que la mejor vía para revertir esa imagen es el trabajo experimental, capaz de traducir conceptos teóricos en fenómenos visibles, manipulables y, sobre todo, memorables.

En este terreno se sitúa el manual *Aprende Química Experimentando*, escrito por Miguel Julve, Anabel Terraes y Eva Soriano. Es química pura en acción. Un manual que acerca la química al aula. El libro reúne treinta experimentos cuidadosamente seleccionados para su aplicación en la enseñanza secundaria y en el bachillerato. Su propuesta combina tres virtudes nada fáciles de armonizar: bajo coste de materiales, claridad metodológica y un notable atractivo visual. A ello se suma un enfoque que no descuida ni la seguridad ni la pertinencia curricular, dos requisitos imprescindibles para un uso responsable en el aula.

Cada práctica sigue una estructura funcional que refuerza el carácter utilitario del manual. Se abre con una introducción teórica breve que enmarca el fenómeno a estudiar, continúa con un listado de materiales y reactivos de fácil adquisición, y ofrece un desarrollo detallado de los pasos a seguir. No faltan, además, notas de seguridad, propuestas de debate en clase, orientaciones para el tratamiento de residuos y referencias bibliográficas. El resultado es un recurso versátil que puede adaptarse tanto a demostraciones del docente como a experiencias ejecutadas directamente por los alumnos.

El libro se nutre de una doble vertiente: la divulgativa y la formativa. Por un lado, muchos de los experimentos proceden de los talleres "Magia y Química" que Julve y Terraes han impartido durante más de veinte años en institutos, centros culturales y jornadas organizadas por la Universidad de Valencia. Por otra parte, otras propuestas fueron desarrolladas y perfeccionadas por Soriano y Terraes en el marco de los cursos del CEFIRE (Centro de Formación, Innovación y

Recursos Educativos), orientados a la actualización pedagógica del profesorado. Esta combinación garantiza prácticas contrastadas, afinadas en distintos contextos y validadas por la experiencia. Cada práctica está pensada no solo para funcionar en teoría, sino para entusiasmar en la práctica.

Más allá de su funcionalidad inmediata, el manual transmite la pasión de sus autores por enseñar química desde una perspectiva activa y participativa. En sintonía con las corrientes actuales de la didáctica de las ciencias, los experimentos se presentan como oportunidades para formular hipótesis, con-



Editorial Publicacions de la Universitat de València (PUV)

ISBN 978-84-9133-699-0

Edición 1

trastar teorías y discutir implicaciones, en lugar de limitarse a recetas mecánicas. El objetivo no es solo ilustrar conceptos, sino fomentar competencias científicas más amplias: el pensamiento crítico, la observación rigurosa y la capacidad de resolver problemas.

Otro de los aciertos del libro es la atención a dimensiones éticas y ambientales. La insistencia en el tratamiento seguro de los residuos y la selección de materiales accesibles y de bajo impacto convierte cada práctica en un ejercicio de responsabilidad, tanto científica como ciudadana. De este modo, el manual se alinea con las demandas de una enseñanza sostenible y comprometida con el entorno.

Aprende Química Experimentando no es únicamente una recopilación de prácticas, sino una propuesta pedagógica integral que revaloriza la dimensión experimental de la química. Su utilidad reside en ofrecer a los docentes un repertorio fiable y atractivo, pero también en inspirar una forma distinta de acercarse a la ciencia: menos abstracta, más tangible, más próxima a la vida de los estudiantes. Es un recordatorio de que la ciencia se aprende viviéndola. En estos tiempos en los que despertar vocaciones científicas es una necesidad urgente, libros como este resultan doblemente valiosos.

Francesc Lloret

Universitat de València.

Lecturas muy químicas

Propuesta de lecturas sobre química para mejorar la compresión lectora

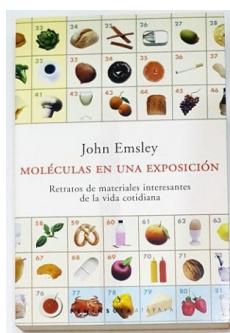
Promover el hábito lector y la adquisición de la compresión lectora en el alumnado es uno de los grandes desafíos a los que nos enfrentamos los docentes de Enseñanza Secundaria de cualquier especialidad. En el ámbito de las materias de Física y Química, no son pocas las ocasiones en las que el alumnado, desde 2.º ESO a 2.º Bachillerato, comete errores de planteamiento por no haber leído con atención el enunciado de los ejercicios, relegando la lectura a una búsqueda rápida y poco profunda de los datos necesarios para resolver el ejercicio. La lectura es fundamental para el aprendizaje ya que permite acceder al conocimiento, ampliar vocabulario, mejorar la expresión oral y escrita, estimular la imaginación y enriquecer la vida. Una buena comprensión lectora ayuda a entender textos, analizar ideas, resolver problemas, tomar decisiones informadas y participar activamente del aprendizaje para una vida adulta y activa.

Todas las leyes educativas incluyen el archiconocido plan para el fomento de la lectura que se ve reflejado en las programaciones de los distintos departamentos didácticos. En el ámbito de los Departamentos de Física y Química, la propuesta de lectura de libros de divulgación científica suele ser una de las actuaciones habituales. Si bien su lectura

entraña notables ventajas educativas, también supone importantes limitaciones, pues a nuestras lecturas cabe añadir las propias de materias como Lengua Castellana (y otras Lenguas Cooficiales), Lenguas Extranjeras o Filosofía, entre otras. Todo ello hace necesario, una vez más, la estrecha colaboración de todo el profesorado para evitar que lejos de catalizar el interés por la lectura, se genere un rechazo a la misma en nuestros jóvenes estudiantes.

La lectura es importante no solo para nuestros alumnos, también es importante para nosotros como docentes. Conocer los hitos y personajes de la historia de la ciencia o los descubrimientos actuales nos proporciona un bagaje cultural que puede ayudar a diseñar materiales y actividades, problematizar y contextualizar los contenidos de nuestras materias y mostrar la dimensión social y cultural de la ciencia, a la par que nos dota de recursos de interés para captar la atención del alumnado y despertar su interés. A fin de promover la lectura en la enseñanza de la Química, se ofrecen a continuación una sucinta recomendación de lecturas para profesorado y alumnado. Si bien se incorporan títulos actuales, también se han incluido otras obras menos recientes de especial interés que conviene conocer y divulgar.

Moléculas en una exposición (John Emsley)



Fecha de publicación: 2000
 ISBN: 9788483072370
 Editorial: Península Atalaya

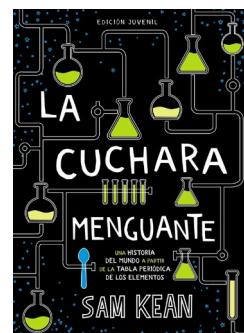
Este libro está organizado como una exposición de arte. Hay galerías dedicadas al hogar, al medio natural y a los materiales que hacen posible que la vida sea un poco más fácil; mientras que en la «galería de los malvados» se encuentran las moléculas que pueden hacernos daño o incluso matarnos.

Se trata de un libro ameno, con abundantes anécdotas, que puede leerse fácilmente por capítulos. Aunque no es fácil conseguirlo (pues ya no se reedita en español), todavía pueden encontrarse ejemplares si se busca con paciencia.

La cuchara menguante (Sam Kean)



Fecha de publicación: 2011
 Editorial: Ariel
 ISBN: 9788434413641



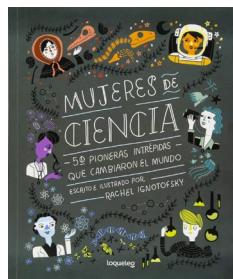
Edición Juvenil:
 Fecha de publicación: 2018
 Editorial: Anaya
 ISBN: 9788469847282

Con un título inspirado en el ekaaluminio predicho por Mendeléiev, esta celeberrima obra de la divulgación de la química fue publicada en 2011 por la editorial Ariel y cuenta con una versión juvenil publicada por Anaya en 2018. Los protagonistas de este libro son los elementos químicos y el hilo conductor es la tabla periódica. En palabras del autor: «La tabla periódica

se presentaba a la clase a primeros de septiembre, y a finales de mayo todavía se usaba; era, además, la única información de ciencias que, a diferencia de los apuntes de clase o los libros de texto, los profesores nos animaban a consultar durante los exámenes. También es cierto que, al menos en parte, la frustración que, como algunos recordarán, producía la tabla periódica tal vez naciera del hecho de que, por mucho que pudiera consultarse como si fuera una enorme chuleta autorizada, maldita la ayuda que nos daba».

En un contexto geopolítico como el actual en el que estamos inmersos en plena disputa comercial por el dominio de las tierras raras, con este libro descubriremos que los elementos químicos en muchas ocasiones han jugado un papel fundamental en la historia, las finanzas, la mitología, la guerra, la cultura y la vida de quienes los descubrieron. Si tenéis curiosidad sobre el título, la respuesta está en el capítulo III.

Mujeres de ciencia: 50 intrépidas pioneras que cambiaron el mundo (Rachel Ignotofsky)



Fecha de publicación: 2018
Editorial: Nómada Libros-Capitán Swing
ISBN: 9788416830800

Precioso libro ilustrado que pone de relieve las contribuciones de cincuenta mujeres notables a los campos de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM) desde la Antigüedad a la actualidad.

Sencillo de leer y muy estético gracias a las ilustraciones que posee, es especialmente aconsejable para el alumnado de 2.^º y 3.^º ESO.

Por qué los girasoles se marchitan (Oskar González Mendía)

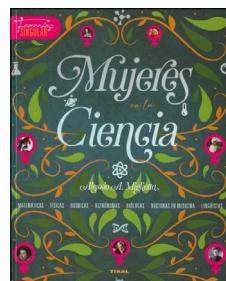


Fecha de publicación: 2020
ISBN: 9788416742202
Editorial: Cáalamo

El autor, profesor en la Facultad de Ciencia y Tecnología y la Facultad de Bellas Artes de la Universidad del País Vasco, nos propone un recorrido por la tabla periódica deteniéndose en aquellos elementos que han resultado más trascendentales a lo largo de la historia del arte. Parte de la premisa de que cualquiera que sea la forma de arte plástica empleada, necesita de un medio material para existir. Esos materiales están com-

puestos por elementos que aparecen en la tabla periódica que «es, sin duda, una de las más maravillosas creaciones del ser humano». Encontraremos historias sobre el desarrollo de cada uno de los pigmentos y colores, trabajo de algunos alquimistas y numerosas referencias a obras de arte; así como la respuesta al interrogante que da título a la obra. Sin duda, un puente entre dos mundos, la ciencia y el arte, que (a simple vista) pueden parecer antagónicos.

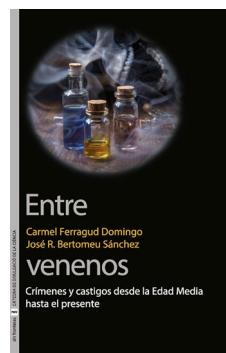
Mujeres en la ciencia (Alessio A. Miglietta)



Fecha de publicación: 2022
ISBN: 9788499285030
Editorial: Tikal Ediciones.

No fueron solo esposas, hijas o hermanas, ni simples ayudantes, aunque fueran consideradas así la mayoría de las ocasiones. Este libro recupera el nombre y las contribuciones de mujeres científicas que pueden inspirar a nuestras alumnas. Con un formato similar al de Rachel Ignotofsky (breve biografía e ilustraciones o fotografías), propone un elenco diferente de mujeres en la ciencia, proporcionado un contexto histórico más amplio.

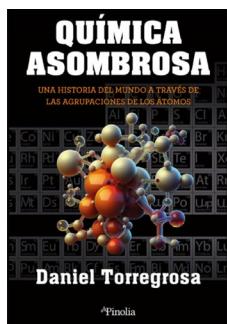
Entre venenos (Carmel Ferragud y José Ramón Bertomeu)



Fecha de publicación: 2023
ISBN: 9788411182386
Editorial: PUV

Son escasas las ocasiones en las que las investigaciones académicas en historia de la ciencia cristalizan en obras de divulgación científica. Entre venenos es una excepción a esta tendencia habitual en el sector editorial español. Sus autores, profesores de Historia de la Ciencia de la Universitat de València, logran acercar al público lector la historia de los venenos desde una mirada poliédrica que incluye aspectos científicos, sociales, culturales, políticos y económicos en un recorrido que se inicia en la Edad Media y culmina en el presente. Adelfas, arsénico, plomo, plaguicidas, jueces, médicos o boticarios son algunos de los protagonistas de las seis historias que componen la obra. Una lectura imprescindible para una aproximación a los venenos desde la evidencia que proporcionan los estudios históricos y sociales sobre química, toxicología y medicina.

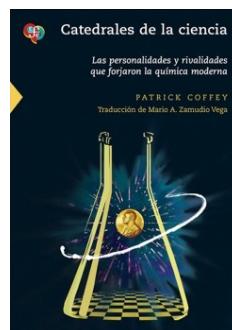
Química asombrosa (Daniel Torregrosa)



Fecha de publicación: 2023
ISBN: 9788418965791
Editorial: Pinolia

Una amalgama de sesenta historias protagonizadas por sustancias químicas varias (desde el agua o el amoníaco a la aconitina o el LSD) de la mano de un autor imprescindible en la divulgación de la química en nuestro país. Torregrosa consigue mostrar al lector lo asombroso que es nuestro mundo (desde la vida cotidiana a la mitología) con historias breves y claras más que adecuadas para captar la atención de nuestro alumnado.

Catedrales de la ciencia (Patrick Coffey)



Fecha de publicación: 2024
ISBN: 9788071683717
Editorial: FCE

Edición en castellano de la popular obra *Cathedrals of science* de Patrick Coffey publicado en 2008, todo un clásico de la historiografía de la química. La obra aborda el desarrollo de la química física en el siglo XX. Partiendo de la enigmática muerte del célebre químico Gilbert Newton Lewis, protagonizan la obra destacadas figuras de la historia de la química como Svante Arrhenius, Walther Nernst, Irving Langmuir, Fritz Haber o Linus Pauling, entre otros. El autor no solo aborda sus contribuciones a la química, también profundiza en el lado más humano de sus biografías, mostrando el papel de las colaboraciones y las rivalidades entre científicos.

20 razones para amar la química (Héctor Bustos)

Un libro imprescindible para el alumnado de Bachillerato de Ciencia y Tecnología. Su autor, catedrático de la Universidad de La Rioja y fervoroso defensor de la divulgación de la ciencia, presenta de forma clara y asequible los avances y desafíos que afronta la química en la actualidad, desde la Inteligencia Artificial al diseño de nuevos materiales y la producción sostenible de energía. El lector no solo encontrará una veintena de razones para amar la química, también descubrirá las múltiples opciones laborales que aguardan a los que eligen la profesión que sueña nuevas moléculas y las hace realidad.



Fecha de publicación: 2024
ISBN: 9788410243378
Editorial: Plataforma Editorial

Concursos, premios y otras iniciativas de interés para docentes y estudiantes de Química

La participación en concursos, certámenes y ferias de la ciencia es de gran interés para profesorado y alumnado. Estos eventos les permite adquirir competencias personales (las llamadas *soft skills*) muy interesantes tanto para su desarrollo personal como para su futuro profesional. También es interesante para nosotros como docentes, pues nos permiten enfocar el trabajo del aula, motivar al alumnado, conectar los contenidos que enseñamos y mostrar sus aplicaciones. Asimismo, la participación en convocatorias de premios supone un aliciente para el desarrollo profesional docente, buscando la continua mejora y el aprendizaje permanente en la docencia. Es por ello que se recopilan a continuación diversas iniciativas de esta índole. Lejos de ser exhaustiva, la selección realizada se considera de especial interés para docentes y estudiantes de Química.

Premios nacionales convocados por la RSEQ:

- Premio a Tareas Educativas y Divulgativas para Profesores de Enseñanzas Preuniversitarias convocado por la Real Sociedad Española de Química.
- Premio Salvador Senent del Grupo Especializado de Didáctica e Historia de las Reales Sociedades Españolas de Física y de Química. Está dirigido a reconocer los artículos sobre didáctica o historia de la física o la química publicados en *Revista Española de Física* o *Anales de Química*. Este grupo también convoca diversos premios de interés para docentes.

Otros premios

- Premios nacionales a experiencias educativas inspiradoras convocados por el Ministerio de Educación Formación Profesional y Deportes.
- Concurso científico literario: consiste en la lectura de un libro de narrativa en cuya trama la ciencia esté presente. Posteriormente, los estudiantes han de resolver unas cuestiones científicas y redactar un breve relato inspirado en la novela. Es un concurso dirigido a estudiantes de 3º y 4º de ESO, Bachillerato, 1º y 2º de FP Básica y 1º y 2º de FP de Grado Medio de toda España. Colaboran la Universidad de La Rioja, la Fundación Internacional Universitas XXI, la librería Santos Ochoa, la revista Principia y la ST de La Rioja de la RSEQ. En febrero de 2026 se lanzará una nueva edición cuya fase final se realizará en mayo. En el link se adjunta la información de la convocatoria de 2025.

Convocatorias a nivel nacional

- Concurso REACCIONA! Organizado por la Sección Territorial de Valencia de la Real Sociedad Española de Química y la Ciudad de las Artes y las Ciencias, está dirigido a alumnado de 3.º y 4.º ESO, Bachillerato y Ciclos Formativos. La convocatoria es anual. Pregunta en la sección territorial de la RSEQ sobre las ayudas para participar en este concurso.
- Cristalización en la escuela. Diversas secciones territoriales de la RSEQ promueven este certamen que pretende que el

alumnado de enseñanza secundaria se familiarice con los cristales y su importancia. Consulta en la ST de tu Comunidad autónoma.

- Olimpiadas de Química. Un evento de gran interés para incentivar y ampliar la formación química del alumnado de Bachillerato. Consulta en la ST de tu Comunidad autónoma.

Convocatorias de las secciones territoriales de la RSEQ en diversas comunidades autónomas:

Castilla

- Actividad de divulgación para estudiantes de ESO y Bachillerato "Acérdate a la Química" organizada en los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Valladolid.
- Organización de talleres para alumnos de Secundaria y Bachillerato.
- Concurso: "Fotografía de la STCAS-RSEQ".

Castilla-La Mancha

- Convocatoria del concurso anual de vídeos para alumnos de enseñanza secundaria (octubre 2025)
- Organización del Taller "La química en los alimentos: Los colores de la mioglobina" (abril 2026)
- Patrocinio de las Miniolimpiadas de Física y Química (en Toledo) organizada por la Asociación de Profesores de Física y Química de Castilla-La Mancha
- Participación en la Jornada de Puertas Abiertas – Institutos de Investigación para alumnos de enseñanzas preuniversitarias de la Facultad de Ciencias y Tecnologías Química (FCyTQ) de la UCLM (mayo 2026)
- Organización de la VIII Jornada Divulgativa y Formativa de la Química (junio 2026)
- Participación en Ciencia en la Calle, organizada por el Ayuntamiento de Ciudad Real (junio 2026)

La Rioja

- Soy químico por un día: dirigida a estudiantes de 4º de ESO de La Rioja. (Talleres 'Soy Químico por 1 Día' - Universidad de La Rioja). Organizado por la Universidad pública de La Rioja, colabora la ST de la RSEQ de la Rioja

Murcia

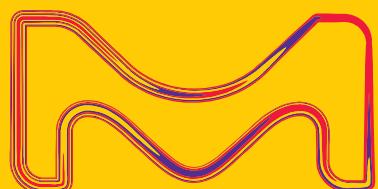
- VII edición del concurso "Apadrina un elemento"
- XIV edición del Concurso "La Química en mi entorno"

Sin duda, también existen más iniciativas para promover la química y su enseñanza en cada autonomía, así como iniciativas varias desde los ámbitos de la educación STEM o de la innovación educativa, donde la química tiene amplia cabida. Animamos a responsables y participantes en dichas iniciativas a darlas a conocer al público lector de *Anales de Química*.

MERCK

New Chemistry Products for Drug Discovery & Development

Issue 1 2023



The Life Science business of Merck operates as MilliporeSigma in the U.S. and Canada.

Sigma-Aldrich®
Lab & Production Materials