

Educación en la Química

Volumen 32

Número 1

ISSN 0327-3504
ISSN-en línea 2344-9683

Revista de la Asociación de
Docentes en la Enseñanza de la
Química de la República Argentina



2026

Educación en la Química

ISSN 0327-3504 ISSN-en línea 2344-9683

Revista de la Asociación de Docentes en la Enseñanza de la Química de la República Argentina (ADEQRA).

Educación en la Química (Título clave abreviado: *EDENLAQ*) es una publicación semestral abierta al mundo que busca contribuir a la interrelación entre los docentes y los investigadores de las ciencias químicas y de la educación en la química. En ella, se dan a conocer resultados de investigaciones en didáctica de la química, experiencias de innovación considerando las aulas y los laboratorios extendidos, avances tecnológicos, noticias científicas, y todo otro aporte original que promueva el enriquecimiento y la profesionalización de las y los docentes de química.

La revista EDENLAQ se distribuye gratuitamente en línea siguiendo una licencia Creative Commons 4.0 Atribución – NoComercial – Sin Derivadas. Se autoriza la reproducción total o parcial de los materiales citando la fuente. El contenido de los artículos es responsabilidad de sus autores. Sin embargo, el Equipo Editorial se reserva el derecho de excluir aquellas contribuciones que no respondan a las normas de ética vinculadas a la investigación educativa y a la enseñanza de las ciencias, así como también aquellas que no correspondan al ámbito de incumbencia de la revista. La comunidad de lectoras/es podrá enviar ideas, sugerencias y artículos que puedan resultar de utilidad a todas las personas interesadas en la educación en la química.



Comité Editorial:

Directora

María Gabriela Lorenzo
Universidad de Buenos Aires - CONICET

Directora Emérita

Luz Lastres Flores
Universidad de Buenos Aires

Editor Asociado

Germán Hugo Sánchez
Universidad Nacional del Litoral

Editoras de Secciones

Andrea Soledad Farré
Universidad Nacional de Río Negro Sede Andina - CONICET
Andrea Silvana Ciriaco
Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco
Norma Beatriz Jones
Instituto Superior de Formación Docente N°808

Colaboradores

Evangelina Martínez
Escuela Secundaria de Enseñanza Técnica N°1 (Bahía Blanca)

Comité Académico Nacional

Adriana Bertelle *Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina*
Alfio Zambon *Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Argentina*
Ana Beatriz Fuhr Stoessel *Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina*
Andrés Raviolo *Universidad Nacional de Río Negro, Argentina*
Celia Edilma Machado *Universidad Nacional de Rosario, Argentina*
Cristina Iturralde *Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina*
Erwin Baumgartner *Universidad Austral, Argentina*
Héctor Santiago Odetti *Universidad Nacional del Litoral, Argentina*
José Galiano *Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina*
Juan Manuel Rudi *Universidad Nacional del Litoral, Argentina*
Ligia Quse *Universidad Nacional de Córdoba, Argentina*
Liliana Lacolla *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Lydia Galagovsky *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
María Basilisa García *Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina*
Marina Masullo *Universidad Nacional de Córdoba, Argentina*
Marisa Repetto *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Marta Bulwik exISP Joaquín V. González, *Buenos Aires, Argentina*
Martín Gabriel Labarca *Universidad de Buenos Aires - CONICET, Argentina*
Miria Baschini *Universidad Nacional del Comahue, Argentina*
Norma D'Accorso *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Sandra Hernández *Universidad Nacional del Sur, Argentina*
Silvia Porro *Universidad Nacional de Quilmes, Argentina*
Silvina Reyes *Universidad Nacional del Litoral, Argentina*
Teresa Quintero *Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina*

Comité Académico Internacional

Alicia Benarroch Benarroch *Universidad de Granada, España*
Albino Oliveira Nunes *Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Brasil*
Anelise Grunfeld de Luca *Instituto Federal Catarinense, Brasil*
Ángel Blanco López *Universidad de Málaga, España*
Aureli Caamaño Ros *Sociedad Catalana de Química, España*
Bruno Ferreira Dos Santos *Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil*
Bruno Pastoriza *Universidade Federal de Pelotas, Brasil*
Cristian Merino Rubilar *Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile*
Diana Parga *Universidad Pedagógica Nacional de Bogotá, Colombia*
Gabriel Pinto Cañón *Universidad Politécnica de Madrid, España*
Henry Giovany Cabrera Castillo *Universidad del Valle, Colombia*
Iñigo Rodríguez-Arteche *Universidad de Almería, España*
Isabel Martins *Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil*
Johanna Camacho *Universidad de Chile, Chile*
Kira Padilla *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
Mario Quintanilla *Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile*
Natalia Ospina Quintero *Universidad Simón Bolívar, Colombia*
Núria Solsona Pairó *Universidad Autónoma de Barcelona, España*
Plinio Sosa Fernández *Consejo Editorial de las revistas Educación Química y Acta Universitaria, México*
Rafael Amador Rodríguez *Universidad del Norte, Colombia*
Teresa Lupión-Cobos *Universidad de Málaga, España*
Vicente Talanquer *University of Arizona, Estados Unidos*

ADEQRA, Asociación de Docentes en la Enseñanza de la Química de la República Argentina, es una asociación sin fines de lucro que reúne a docentes de los diferentes niveles educativos de nuestro país, interesados en la formación y capacitación continua.

Entre los fines y objetivos de la Asociación pueden citarse:

- Procurar que la enseñanza de la Química sea cada vez más significativa y eficiente en todo el país y en los distintos niveles educativos.
- Promover el estudio y la investigación en la enseñanza de la Química en todos los niveles.
- Fomentar el intercambio y la comunicación entre personas y las instituciones dedicadas a la enseñanza de la Química.
- Contribuir al perfeccionamiento profesional de sus asociados mediante la divulgación de información científica, metodológica y de temas de interés común.
- Suscitar la inquietud de los docentes de Química por temas que contribuyan a ubicarlos frente a los problemas fundamentales de carácter científico y técnico que enfrenta el país.

Comisión Directiva

En la Asamblea celebrada el 15 de marzo de 2024, se ratificó la nueva comisión directiva, que quedó conformada de la siguiente manera:

| | | |
|------------------------------|---------------------------|--------|
| Presidente: | Teresa Quintero | UNRC |
| Secretaria: | Andrea Ciriaco | UNPSJB |
| Tesorera: | Marcela Susana Altamirano | UNRC |
| Vocal titular: | Sandra Hernández | UNS |
| Vocal titular: | Germán Hugo Sánchez | UNL |
| Vocal Suplente: | Andrea Soledad Farré | UNRN |
| Revisores de Cuentas: | | |
| 1º: Marina Masullo | | UNC |
| 2º: Romina Yppolito | | UNRC |

Tabla de Contenidos

Editorial

- Hacer química, hacer comunidad: desafíos actuales de la enseñanza de la química
Germán Hugo Sánchez y María Gabriela Lorenzo 1-7

Investigación en Didáctica de la Química

- Representaciones mentales de estudiantes universitarios referidas a fenómenos de óxido-reducción
Sandra Beatriz Vazquez, Ximena Erice y Nora Nappa 8-21
- Integración didáctica de ChemSketch en la estereoquímica y sus efectos en las habilidades visoespaciales
Carolaine Urra Canales y Jorge Valdivia Guzmán 22-37
- Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de la química, aportes de dos tesis de posgrado
Andrea S. Ciriaco y Germán Hugo Sánchez 38-48

Innovación para la Enseñanza de la Química

- Aprendizaje basado en problemas en el contexto del análisis de alimentos: propuesta de una secuencia didáctica
Joseline Hernández-Cázares y Ibrahim Guillermo Castro-Torres 49-61
- Estrategias didácticas en la enseñanza de la química a estudiantes de Agronomía
Victoria Bessone, Analía N. Dragán, Sergio A. Perusset, Beatriz L. Bot, Joaquín Pretti, Walter G. Laroca, Helena Francisconi y Valeria Ormaechea 62-73

La Educación en la Química en Argentina y en el Mundo

- La evaluación y el aprendizaje en química en el nivel secundario y en el nivel superior
Laura Mariela Morales, Claudia Alejandra Mazzitelli y Erica Gabriela Zorrilla 74-80
- XXI Reunión de Educadores en la Química de la República Argentina (de Bariloche al mundo)
Patricia Carabelli y María Chantal Carballo 81-90
- Voces del territorio: la comunidad de Química estuvo presente en el XIX encuentro internacional de profesorados (FCEN-UBA)
Alcira Beatriz Ferrari 91-95
- El premio Nobel 2026
Luz Lastres 96-105
- Congresos, Jornadas, Seminarios de aquí y de allá...
Andrea S. Farré 106-110

Editorial

HACER QUÍMICA, HACER COMUNIDAD: DESAFÍOS ACTUALES DE LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

ARK CAICYT: <https://id.caicyt.gov.ar/ark:/s23449683/7l7que7a8>

INTRODUCCIÓN

En estas páginas damos inicio al primer número del volumen 32 de la revista de nuestra Asociación. En esta ocasión queremos comenzar haciendo una reflexión sobre la importancia de construir comunidad. Luego, comentaremos los escritos originales que dan cuerpo a este número. Por último, un breve informe sobre las acciones llevadas adelante por el equipo editorial para ampliar la calidad de la revista, la inclusión de identificadores permanentes de los artículos y la presentación y agradecimiento a los nuevos miembros del Comité Académico Internacional.

LA COMUNIDAD NO NACE, SE CONSTRUYE

En esta nueva edición de *Educación en la Química (EDENLAQ)* queremos detenernos en una idea central: la comunidad no es un punto de partida, sino una tarea colectiva. Se construye a lo largo del tiempo, mediante prácticas voluntarias concretas y espacios de encuentro que hacen posible poner en común experiencias, preguntas y preocupaciones (coincidentes o disonantes) sobre nuestro oficio de enseñar química.

En este sentido, desde el Equipo Editorial de *EDENLAQ* hemos podido participar de la última *Reunión de Educadores en la Química (XXI REQ)*, un acontecimiento que volvió a poner el acento en la idea de que la comunidad no es una abstracción. Allí, el formar parte de algo común se hizo visible en las conversaciones que continuaron por fuera del programa formal, en los talleres compartidos y en el gesto de llevar a un espacio público (como lo es un congreso) nuestras experiencias áulicas y también aquellos problemas para los cuales aún no encontramos respuestas cerradas, con el objetivo de debatirlos colectivamente.

En contextos donde la tarea docente suele vivirse de manera fragmentada y bajo múltiples presiones, estos encuentros funcionan como espacios privilegiados para construir identidad profesional, reconocernos como colectivo y sostener un horizonte común para la educación química.

Es entonces que, tomando como partida esa trama comunitaria, desde la revista y desde nuestra Asociación queremos destacar el reconocimiento a la Dra. Sandra Hernández. Durante la XXI REQ se le entregó el Premio ADEQRA “Reconocimiento a la trayectoria y promoción de la enseñanza de la Química, Dra. Luz Lastres”. La Dra. Hernández cuenta con una vasta trayectoria que expresa un modo de habitar la educación química, en donde se destacan su participación constante y sostenida, su producción académica y su acompañamiento y compromiso permanente con los espacios colectivos de nuestra comunidad de educadoras y educadores en la química. Más allá del



premio en sí mismo, se pone en valor su manera de construir comunidad desde el trabajo compartido y el cuidado del campo profesional.

Este número llega, además, en un momento de apertura regional especialmente significativo para nuestra Asociación. Recientemente, se ha cerrado un convenio de colaboración con dos organizaciones hermanas en el contexto latinoamericano: la Sociedade Brasileira de Ensino de Química (SBEQ, Brasil) y la Asociación de Educadores de Química (ADEQ, Uruguay). Este acuerdo expresa la voluntad de articular agendas, compartir materiales y fortalecer una red latinoamericana de educación en química, promoviendo puentes y beneficios para los socios de las tres asociaciones.

Al mismo tiempo, no podemos dejar de mencionar un tema que nos ha interpelado como comunidad en el último semestre: los accidentes ocurridos en ferias de ciencias con participación estudiantil. Cada vez que un episodio de este tipo se vuelve noticia, aparece rápidamente la búsqueda de culpables (docentes, profesionales, instituciones) como si el problema pudiera explicarse por una acción individual aislada. Esta lógica empobrece la reflexión y nos impide reconocer la complejidad de lo que está en juego.

La enseñanza experimental ocupa un lugar central en la educación química y existe un amplio consenso sobre su relevancia formativa (Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007). Sin embargo, también se han señalado voces críticas que advierten que el laboratorio puede perder su potencia educativa cuando se transforma en demostración espectacular o en mera manipulación sin propósito didáctico (Abrahams, 2007). A ello se suma otra preocupación frecuente: el costo de sostener infraestructura y condiciones de trabajo adecuadas, especialmente cuando esos recursos se evalúan con criterios de eficiencia que no siempre consideran el valor pedagógico del trabajo experimental (Kirschner & Meester, 1988).

En este marco, la seguridad no puede pensarse como un agregado externo o una exigencia burocrática, sino como parte del conocimiento profesional necesario para diseñar experiencias posibles, interesantes y cuidadas. Como señala la Dra. Celia Edilma Machado en una entrevista reciente realizada por Rosario3, es fundamental atender a “la seguridad: conocer cuáles son los materiales que estamos utilizando” (Machado, 2025, 2:07). Desde esta perspectiva, es necesario que el debate deje de centrarse en la culpa individual y moverlo hacia cuáles son las condiciones institucionales, formativas y pedagógicas que hacen posible (o no) sostener el trabajo experimental en las escuelas, las universidades y las ferias de ciencias.

En palabras de la misma autora, “no hacen falta explosiones para plantar química” (Machado, 2025, 7:41). Lo que sí hace falta es una enseñanza experimental con sentido, que seleccione y jerarquice saberes, diseñando experiencias significativas con riesgo acorde al lugar de realización (no es lo mismo un laboratorio con auxiliar a cargo, que una muestra masiva en un patio escolar) y que se haga de las normas de bioseguridad un objeto explícito de la enseñanza. Esto exige revisar y fortalecer la formación profesional inicial y continua, no para desalentar la experimentación, sino para sostenerla con criterios didácticos y de cuidado que eviten poner en riesgo a nuestras y nuestros estudiantes.

En el contexto actual, renunciar al laboratorio o reducirlo a demostraciones “inofensivas” puede presentarse como una solución rápida; no obstante, a

veces, esa salida termina alineándose con la lógica de minimizar costos operativos antes que con la de garantizar condiciones educativas de calidad. El desafío para nuestra comunidad es otro: revisar críticamente las prácticas, fortalecer la formación docente, demandar condiciones institucionales adecuadas y construir una cultura de cuidado compartido que permita enseñar química sin banalizar los riesgos ni cancelar la experiencia.

Este número de *EDENLAQ* reúne trabajos que, desde distintos enfoques, dialogan con estas preocupaciones: investigaciones sobre la formación docente, propuestas didácticas que resignifican el laboratorio, experiencias de articulación interdisciplinaria y relatos que muestran tanto los logros como las tensiones del trabajo cotidiano. Invitamos a leerlos con una pregunta abierta y necesaria: ¿qué comunidad de enseñanza de la química estamos construyendo hoy y cómo la cuidamos?

EL PRIMER NÚMERO DE EDENLAQ 2026

En el recorrido que se propone para este primer número de 2026, Educación en la Química reúne contribuciones que dialogan con preocupaciones centrales de nuestra comunidad: la enseñanza y el aprendizaje de la química en distintos niveles, la formación docente, la producción de recursos didácticos y la circulación de experiencias que fortalecen el campo en Argentina y en la región.

La sección *Investigación en Didáctica de la Química* presenta tres artículos originales que abordan problemas de investigación situados en distintos niveles y contextos: la enseñanza media (en dos asignaturas diferentes), la formación inicial de docentes y el ámbito universitario, a partir de enfoques metodológicos diversos.

En primer lugar, Vázquez, Erice y Nappa indagan las representaciones mentales que construyen estudiantes del profesorado en Química al explicar fenómenos de óxido-reducción. El estudio mostró que, si bien las y los estudiantes elaboraron representaciones que les permiten dar sentido a la transferencia de electrones, persistieron dificultades para articular teoría y práctica, sostener inferencias y emplear con fluidez recursos de representación, lo que abre el desafío de diseñar propuestas de enseñanza que acompañen la construcción de modelos más consistentes y cercanos al conocimiento científico.

En segundo término, Urra Canales y Valdivia Guzmán analizan la integración didáctica de ChemSketch en la enseñanza de la estereoquímica y sus efectos sobre las habilidades visoespaciales, un componente clave para comprender y representar estructuras moleculares tridimensionales. A través de un diseño cuantitativo cuasiexperimental con pretest y postest en una muestra de 70 estudiantes de enseñanza media, los resultados evidenciaron diferencias estadísticamente significativas antes y después de la intervención, lo que sugiere un impacto positivo del uso de este recurso TIC en el desarrollo de habilidades visoespaciales asociadas a contenidos de estereoquímica.

Por último, Ciriaco y Sánchez presentan un artículo que recupera y pone en diálogo los aportes de sus dos tesis de posgrado en didáctica de la química, ambas centradas en actividades prácticas y experimentales desarrolladas en

contextos educativos diferentes. A partir de investigaciones situadas (una en el nivel secundario técnico, vinculada a materiales didácticos de Química Ambiental y otra en el primer año universitario, enfocada en clases prácticas de Química Inorgánica), el texto aporta claves para comprender las mediaciones didácticas que sostienen el trabajo experimental y las condiciones que vuelven al laboratorio un espacio formativo.

En la sección *Innovación para la Enseñanza de la Química* se presentan dos propuestas que apuestan por la contextualización y por situaciones de relevancia profesional y social. Por un lado, Bessone, Dragán, Perusset, Bot, Pretti, Laroca, Francisconi y Ormaechea describen una experiencia con estudiantes de Agronomía orientada a abordar conceptos de Química General desde una perspectiva agronómica, mediante un trabajo práctico articulado con Química Analítica (dosificación de fertilizantes y seguimiento de cultivos en hidroponia y maceta). La propuesta combina laboratorio, seguimiento sostenido y comunicación de resultados, con efectos positivos reportados en comprensión, satisfacción y orientación vocacional.

Por otro lado, Hernández-Cázares y Castro-Torres presentan una secuencia didáctica basada en Aprendizaje Basado en Problemas en el contexto del análisis de alimentos, integrando dimensiones técnicas y éticas. En tres sesiones presenciales, estudiantes trabajaron en equipos un escenario que articula ensayos bioquímicos y técnicas analíticas para interpretar resultados y discutir la fiabilidad de los datos. La experiencia evidenció habilidades vinculadas al análisis y evaluación de información y fortaleció la comprensión de la relación entre el análisis químico y la construcción de tablas nutrimentales confiables, destacando su impacto social.

Finalmente, la sección *La Educación en la Química en Argentina y el Mundo* se compone de cinco escritos que conectan la producción académica con experiencias y acontecimientos relevantes del campo. En primer lugar, Morales, junto a sus directoras Mazzitelli y Zorrilla, presentan un resumen de tesis doctoral centrado en la relación entre evaluación y aprendizaje en Química en el nivel secundario y el nivel superior. Desde un enfoque metodológico mixto, el estudio analiza opiniones docentes e instrumentos evaluativos e identifica diferencias entre niveles en la intencionalidad de la evaluación y en la demanda cognitiva de las consignas, señalando aspectos que pueden incidir en la transición hacia la universidad.

A continuación, Carabelli y Carballo comparten un informe de la XXI Reunión de Educadores en la Química (XXI REQ), organizada por nuestra Asociación y el Profesorado de Química de la Sede Andina de la Universidad Nacional de Río Negro. El texto recupera el alcance del encuentro, la participación de más de 200 estudiantes, docentes e investigadores, y la diversidad de actividades desarrolladas (presentaciones, conferencias plenarias, conversatorios, talleres y mesas redondas).

En la misma sección, Ferrari presenta un relato de la jornada compartida en el XIX Encuentro Internacional de Profesorados (FCEN-UBA), poniendo el foco en las reflexiones sobre la enseñanza de las ciencias frente a desafíos socioambientales contemporáneos. El escrito enfatiza, además, el valor de

los aprendizajes, intercambios y diálogos territoriales como dimensión constitutiva de la formación docente en ciencias.

Por último, dos aportes ya tradicionales en la revista cierran el número. Lastres presenta una síntesis, a partir de la información publicada por la Real Academia de Ciencias sueca, sobre el Premio Nobel de Química 2025, centrado en investigaciones sobre estructuras organometálicas porosas (MOFs) y su relevancia para problemáticas actuales como la captación de gases y la purificación de aguas. Finalmente, el número se completa con la compilación de congresos, jornadas y seminarios de interés para nuestra comunidad realizada por Farré, sosteniendo ese mapa de oportunidades de encuentro y actualización que acompaña cada edición de *EDENLAQ*.

INTERNACIONALIZACIÓN DE EDENLAQ

A lo largo de los últimos años, el equipo editorial de la revista ha trabajado sostenidamente para sostener y profundizar los parámetros de calidad e internacionalización. En este número nos complace anunciar la incorporación del portugués como idioma oficial de la revista. Desde ahora, se aceptan envíos en portugués y los artículos comienzan a publicarse con sus metadatos completos (título, resumen y palabras clave) también en esa lengua, además del castellano y el inglés. Este avance es posible, en buena medida, gracias a la incorporación de académicas y académicos de Brasil al Comité Académico Internacional y al banco de revisores, lo cual fortalece el diálogo regional y la circulación de producciones en educación en química.

En este contexto, agradecemos especialmente la incorporación al Comité Académico Internacional de *EDENLAQ* de Henry Giovany Cabrera Castillo (Universidad del Valle, Colombia) y Bruno dos Santos Pastoriza (Universidade Federal de Pelotas, Brasil), referentes en el campo de la educación en ciencias y en química en nuestra región.

Henry Giovany Cabrera Castillo desarrolla su trabajo en la intersección entre la Historia y la Filosofía de las ciencias y la Educación en Ciencias, con especial énfasis en la formación de profesores de ciencias naturales. Entre sus aportes se destacan el análisis histórico-epistemológico del concepto de reacción química con fines educativos (Cabrera Castillo y García Arteaga, 2014), la reflexión sobre los modos de representación de modelos en la formación inicial de docentes de ciencias naturales (Cabrera Castillo, 2015) y el estudio de las concepciones sobre historia de las ciencias en profesores en formación (Cabrera Castillo, Durán Piamba y Quintanilla Gatica, 2019). Sus trabajos ofrecen claves valiosas para pensar la relación entre conocimiento disciplinar, conocimiento del estudiante, conocimiento del docente y desarrollo curricular en ciencias naturales y en química.

Por su parte, Bruno dos Santos Pastoriza es Profesor Asociado en la Universidade Federal de Pelotas y se desempeña en la formación de profesores de ciencias y de química, articulando discusiones sobre epistemología de la ciencia, producción de materiales didácticos, inclusión y diversidad. Desde la coordinación del Laboratório de Ensino de Química (LABEQ-UFPel) y su participación en programas de posgrado, así como en la Sociedade Brasileira de Ensino de Química, ha impulsado investigaciones sobre las dificultades en la enseñanza y el aprendizaje de la química orgánica en la educación superior (Botezzo Alves et al., 2021), reflexiones en torno a

la “intencionalidad pedagógica” y la tradición como principio educativo en la formación docente (dos Santos Pastoriza, 2022) y análisis de las formas de presentación del conocimiento químico en libros de texto, por ejemplo a propósito del concepto de enlaces químicos (da S. Rodrigues et al., 2022).

La incorporación de Henry Giovany Cabrera Castillo y de Bruno dos Santos Pastoriza refuerza el carácter latinoamericano, crítico y situado de nuestra revista, y se inscribe en el esfuerzo por consolidar una comunidad amplia de lectoras, lectores y autores en español y portugués. Invitamos a quienes leen *EDENLAQ* a acercarse a sus producciones como referencias relevantes en el campo de la educación en ciencias y en química.

IDENTIFICADOR PERMANENTE: ARK CAICYT

Finalmente, queremos compartir una mejora significativa en la gestión editorial de *Educación en la Química*. A partir de este número, cada artículo contará con un identificador ARK (Archival Resource Key). Se trata de un link persistente que permite garantizar una dirección estable de los trabajos en internet y contribuye a su preservación y recuperabilidad a largo plazo.

La asignación y resolución de estos identificadores es posible gracias al acompañamiento del CAICYT-CONICET, que brinda el sistema que permite a las revistas científicas argentinas incorporar ARK como parte de sus buenas prácticas de publicación. Consideramos que este paso fortalece los parámetros de calidad de la revista, al sumar un estándar internacional de identificación persistente, que favorece la citación, la circulación y el acceso sostenido a los artículos publicados.

iBuena lectura!

Germán Hugo Sánchez y María Gabriela Lorenzo

Dirección Editorial

Enero de 2026

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrahams, I. Z. (2007). An unrealistic image of science. *School Science Review*, 88(324), 119-122.
- Botezzo Alves, N., Sangiogo, F. A., & dos Santos Pastoriza, B. (2021). Dificuldades no ensino e na aprendizagem de química orgânica do ensino superior: Estudo de caso em duas Universidades Federais. *Química Nova*, 44(6), 773-782. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170708>
- Cabrera Castillo, H. G. (2015). Los modos de representación de modelos en el curso Educación en Química con profesores en formación inicial en Ciencias Naturales. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(3), 565-580. <https://hdl.handle.net/10498/17610>
- Cabrera Castillo, H. G., & García Arteaga, E. G. (2014). Historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias: El caso de la reacción química. *Revista*

Brasileira de História da Ciência, 7(2), 298-313.
<https://doi.org/10.53727/rbhc.v7i2.201>

Cabrera Castillo, H. G., Durán Piamba, S., & Quintanilla Gatica, M. (2019). Análisis descriptivo de las concepciones sobre historia de las ciencias en profesores en formación inicial. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 11(2), 34-45. <https://doi.org/10.22335/rlct.v11i2.482>

da S. Rodrigues, T., da Silva, F. K. D., dos Santos Pastoriza, B., Sangiogo, F. A., Soares, A. C., & da Silva, V. S. (2022). Análise sobre as formas de apresentação do conhecimento químico: O conceito de ligações químicas em livros didáticos. *Química Nova na Escola*, 44(4), 428-438. <https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160324>

dos Santos Pastoriza, B. (2021). Ensaio sobre intencionalidade pedagógica e tradição: Um tensionamento como princípio educativo. *Acta Scientiarum. Education*, 44(1), e52706. <https://doi.org/10.4025/actascieduc.v44i1.52706>

Hofstein, A., & Mamlok-Naaman, R. (2007), The laboratory in science education: the state of the art. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 105-107. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2007/rp/b7rp90003a>

Kirschner, P. A., & Meester, M. A. M. (1988). The laboratory in higher science education: Problems, premises and objectives. *Higher education*, 17(1), 81-98. <https://doi.org/10.1007/BF00130901>

Rosario3. (2025, 16 de octubre). *Accidentes con experimentos en ferias escolares de ciencia: cuidados a tener en cuenta* [Video]. YouTube. <https://youtu.be/GX66rxF4TLQ?si=b1RhyPibWpVICCKW>

Investigación en didáctica de la Química

REPRESENTACIONES MENTALES DE ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS REFERIDAS A FENÓMENOS DE ÓXIDO-REDUCCIÓN

Sandra Vazquez¹, Ximena Erice², Nora Nappa¹

1- Universidad Nacional de San Juan, Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes, Departamento de Física y de Química, Argentina.

2- Universidad Nacional de Cuyo, Argentina.

E-mail: sandravazquez88@gmail.com

Recibido: 19/06/2025. Aceptado: 07/01/2026.

ARK CAICYT: <https://id.caicyt.gov.ar/ark:/s23449683/a4i6aqxi1>

Resumen. El estudio tuvo como objetivo indagar las representaciones mentales de estudiantes del profesorado en Química sobre fenómenos que involucran transferencia de electrones, considerando las dimensiones de Johnson-Laird. Se realizó una investigación cualitativa, de paradigma interpretativo y diseño no experimental descriptivo, mediante un estudio de caso con nueve estudiantes de segundo año de la Universidad Nacional de San Juan. Se utilizaron un cuestionario validado por expertos y una entrevista no estructurada, complementados con observaciones experimentales. Los resultados muestran que los estudiantes elaboran representaciones proposicionales, imágenes y modelos mentales que resultan funcionales para la explicación de fenómenos de óxido-reducción, con algunas dificultades para establecer inferencias, relacionar teoría y práctica. Además, evidencian escasa apropiación del lenguaje gráfico y persistencia de concepciones alternativas. Se concluye que es necesario implementar estrategias didácticas que favorezcan aprendizajes significativos y la generación de modelos mentales más cercanos al conocimiento científico.

Palabras clave: representaciones mentales, óxido-reducción, aprendizaje significativo, estudiantes universitarios.

Mental Representations of University Students Regarding Oxide Reduction Phenomena

Abstract. The study aimed to investigate the mental representations of pre-service Chemistry teachers regarding phenomena involving electron transfer, considering the dimensions proposed by Johnson-Laird. A qualitative study was conducted within an interpretive paradigm and a descriptive, non-experimental design, through a case study involving nine second-year students from the National University of San Juan. Data were collected through a questionnaire validated by experts and an unstructured interview, complemented by experimental observations. The results show that students develop propositional representations, images, and mental models that are functional for explaining redox phenomena, although they experience some difficulties in making inferences and relating theory to practice. Moreover, they display limited command of graphical language and the persistence of alternative conceptions. It is concluded that it is necessary to implement didactic strategies that promote meaningful learning and the construction of mental models more closely aligned with scientific knowledge.

Keywords: mental representations, oxide reduction, meaningful learning, university students.



Representações mentais de estudantes universitários relacionadas a fenômenos de oxirredução

Resumo. O estudo teve como objetivo investigar as representações mentais de estudantes do curso de formação de professores em Química sobre fenômenos que envolvem transferência de elétrons, considerando as dimensões de Johnson-Laird. Foi realizada uma pesquisa qualitativa, de paradigma interpretativo e desenho não experimental descritivo, por meio de um estudo de caso com nove estudantes do segundo ano da Universidade Nacional de San Juan. Utilizaram-se um questionário validado por especialistas e uma entrevista não estruturada, complementados por observações experimentais. Os resultados mostram que os estudantes elaboram representações proposicionais, imagens e modelos mentais que se revelam funcionais para a explicação de fenômenos de oxirredução, com algumas dificuldades para estabelecer inferências e relacionar teoria e prática. Além disso, evidenciam baixa apropriação da linguagem gráfica e persistência de concepções alternativas. Conclui-se que é necessário implementar estratégias didáticas que favoreçam aprendizagens significativas e a geração de modelos mentais mais próximos do conhecimento científico.

Palavras-chave: representações mentais, oxirredução, aprendizagem significativa, estudantes universitários.

INTRODUCCIÓN

El fenómeno de óxido-reducción es un concepto importante en la química, permite comprender la caracterización de especies químicas, la determinación precisa de concentraciones, la identificación de compuestos, el estudio de equilibrios y la operación de técnicas analíticas avanzadas. Este fenómeno que implica transferencias de electrones requiere por parte de los estudiantes, el dominio de lenguaje técnico, de conceptos básicos y abstractos, además de requerir su capacidad para relacionar el mundo macroscópico percibido con el mundo submicroscópico.

Es notable que aún después de que los estudiantes han cursado materias básicas de nivel universitario, al retomar el tema de óxido-reducción en los años subsiguientes, siguen subsistiendo conceptos erróneos, lo que demuestra que no hubo un aprendizaje significativo. Chonillo-Sisla et al. (2024) menciona que la enseñanza de la Química, siempre ha enfrentado dificultades tanto desde el plano pedagógico como en el didáctico debido a la escasa aplicación de metodologías que permitan a los estudiantes desarrollar, de forma estructurada, coherente y confiable, representaciones mentales que favorezcan la comprensión y apropiación de los conceptos fundamentales de esta ciencia.

Durante décadas, diversas investigaciones han centrado su atención en la comprensión de los procesos cognitivos vinculados con el aprendizaje de las Ciencias, adquiriendo especial relevancia los marcos teóricos próximos al subparadigma computacional, entre ellos la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird (Otero, 1999).

Identificar los obstáculos epistemológicos, didácticos y conocer las representaciones mentales puede ser el camino para construir un conocimiento científico y lograr de esta manera un aprendizaje con significado, con comprensión, con capacidad de explicar, con capacidad de transferencia (Moreira, 2000).

El objetivo del presente trabajo es indagar las representaciones mentales en estudiantes de nivel universitario, del profesorado de Química, sobre

fenómenos que involucren transferencia de electrones, esto va a permitir conocer los esquemas internos que los alumnos generan sobre un determinado fenómeno. También qué tan cercanos se encuentran los mismos del conocimiento científico, otorgando de esta manera herramientas al docente para que busque diversas metodologías que logren modificar esas representaciones erróneas, en sus estudiantes. De esta manera se logrará generar modelos mentales más cercanos al conocimiento científico y contribuir a la formación de futuros docentes.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Comprender una teoría científica implica que el alumno pone en juego su capacidad para formar modelos que incluyan las relaciones fundamentales de la teoría a través de las cuales puedan explicar y predecir diferentes fenómenos de acuerdo a las concepciones científicamente aceptadas (Greca y Moreira, 1996).

Otero (1999), retomando los planteamientos de Johnson-Laird (1996), sostiene que el sistema cognitivo humano es capaz de realizar razonamientos lógicos sin recurrir necesariamente a reglas formales de la lógica. Asimismo, plantea que las personas no perciben el mundo de manera directa, sino que construyen representaciones internas de él. En este sentido, la percepción se concibe como la elaboración de un modelo del mundo, lo que imposibilita una comparación directa entre dicha representación y la realidad. Desde el enfoque de la ciencia cognitiva, comprender un fenómeno implica la construcción de un “modelo de trabajo” con poder explicativo y predictivo suficiente para permitir al sujeto entender un determinado fenómeno. En consecuencia, la comprensión de un concepto o fenómeno supone la existencia de una “representación mental” que actúa como modelo de dicha entidad.

Ocanto Silva (2009) menciona que una imagen mental puede definirse como una representación interna originada a partir de la percepción o del recuerdo de una experiencia, ya sea esta real o imaginada. Se trata de una construcción sensorial y perceptiva elaborada por el cerebro, que se manifiesta en la mente y se distingue por la multiplicidad de sus formas de expresión y significados.

Las representaciones mentales juegan un papel fundamental en los procesos de cognición, dado que estas son intermedias entre el sujeto y su entorno. La construcción del conocimiento sucede a través de la elaboración de diferentes representaciones internas que van formando parte de un modelo mental, el cual permite predecir y explicar el entorno que rodea al sujeto, en forma análoga y estructural al mundo que simbolizan (Rodríguez Palmero y Moreira, 2003).

La definición conceptual que presenta Johnson-Laird (1983) para el estudio de las representaciones mentales implica tres dimensiones, que existen en diferentes formas para codificar la información, estas son:

- Representaciones proposicionales: Son representaciones de significados, verbalmente expresables, cadenas de símbolos que corresponden al

lenguaje natural, exteriorizados a través de palabras, constructos y oraciones.

- Imágenes. Son representaciones específicas que retienen muchos de los aspectos perceptivos de determinados objetos o eventos, vistos desde un ángulo particular con detalles de una cierta instancia del evento u objeto. Son producto de la percepción de un sujeto, representando algunos aspectos, o en su totalidad, los fenómenos en estudio que pertenecen al mundo real.
- Modelos mentales. Son representaciones analógicas de conceptos, objetos o eventos que son espacial y temporalmente análogos a impresiones sensoriales, que pueden ser vistos de cualquier ángulo y que en general no retienen aspectos distintivos de una instancia dada de un objeto o evento.

Cada una de esas tres dimensiones se evidencian de diferentes formas, Matute et al. (2013) proponen una definición operacional que se detalla a continuación.

- Las representaciones proposicionales se evidencian a partir de las palabras, constructos y oraciones utilizadas por los estudiantes.
- Las imágenes se pueden visualizar a partir de ilustraciones o esquemas referidos al concepto en estudio.
- El modelo mental se pone en evidencia cuando el estudiante identifica o establece inferencias acerca del concepto en estudio.

METODOLOGÍA

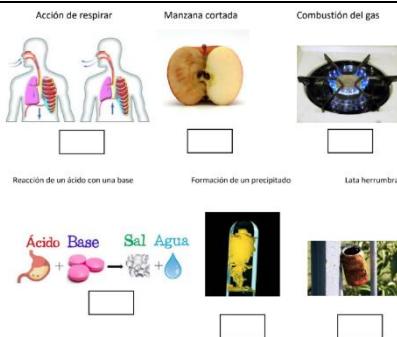
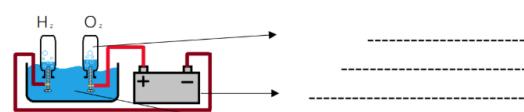
El presente trabajo es una investigación con enfoque cualitativo, bajo un paradigma interpretativo, con un diseño no experimental descriptivo a través de un estudio de caso. Hernández-Sampieri et al. (2014) mencionan que el propósito de este enfoque es examinar la forma en que los individuos perciben y experimentan los fenómenos que los rodean, profundizando en sus puntos de vista, interpretaciones y significados. Desde la investigación educativa se busca interpretar y comprender los fenómenos educativos más que aportar explicaciones de tipo causal. En este caso se busca describir las representaciones mentales que tienen los estudiantes respecto al concepto de transferencia de electrones, concepto fundamental involucrado en el tema óxido-reducción.

Se seleccionó una muestra intencional compuesta por nueve estudiantes que cursan la asignatura Química Inorgánica de la carrera del Profesorado en Química de la Universidad Nacional de San Juan, correspondiente al segundo año de formación. Las entrevistas y el cuestionario fueron aplicados antes del abordaje del tema, considerando que los participantes habían cursado previamente Química General en el primer año y aprobado las evaluaciones correspondientes. Los nombres de los alumnos se han resguardado, cambiándolos por nombres de fantasía.

Para la realización del estudio se elaboró un cuestionario escrito compuesto por ocho ítems principales (con subítems), orientados a explorar los siguientes conceptos: procesos redox, transferencia de electrones, diferenciación entre una celda galvánica y una electrolítica, resolución de

ecuaciones redox y determinación del potencial de una celda (tabla 1). Dicho instrumento fue validado mediante juicio de expertos, aplicando el coeficiente de validez de contenido propuesto por Hernández-Nieto (Galicia Alarcón, Balderrama Trápaga y Edel Navarro, 2017). Participaron seis jueces, quienes

Tabla 1. Cuestionario aplicado para indagar las representaciones mentales sobre procesos de óxido-reducción

| Ítem | Consigna |
|-------------|--|
| 1 | Menciona distintos procesos en los que hay transferencia de electrones o un proceso de óxido-reducción. |
| 1.a | Explica con palabras y/o mediante una representación gráfica qué entiendes por transferencia de electrones. |
| 2 | Expresa con tus propias palabras qué representan los siguientes conceptos: oxidación, reducción y potencial redox. |
| | Indica en cuál de los siguientes procesos estaría presente la transferencia de electrones. Marca con una cruz: |
| 3 | a) De los ejemplos marcados con una cruz, selecciona uno y explica cómo sucede la transferencia de electrones. |
| |  |
| 4 | Representa, a través de un gráfico, ilustración o esquema, un fenómeno o proceso en el que haya transferencia de electrones y explícalo. |
| | Mirando los siguientes esquemas responde las preguntas. a) indica qué representa cada una de las letras (A, B, C y D); b) menciona qué tipo de energía se encuentra presente en el sistema. |
| 5 | a) completa la figura; b) menciona la diferencia que existe entre los procesos representados ambas figuras. |
| |  |
| 6 | Tacha lo que no corresponda: ¿número de oxidación es lo mismo que estado de oxidación? (Sí / No). |
| | Define: número de oxidación y estado de oxidación. |
| | Responde las siguientes consignas: a) ¿a través de qué ecuación se puede calcular el potencial de una celda?; b) define potencial estándar; c) marca con una cruz la ecuación que represente una ecuación redox |
| | $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ $4\text{Na} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Na}_2\text{O}$ $2\text{K} + 2\text{HNO}_3 \rightarrow 2\text{KNO}_3 + \text{H}_2$ $\text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{CuS} + 2\text{HCl}$ $2\text{KClO}_3 \rightarrow 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$ |
| 7 | d) escribe dos hemirreacciones de las propuestas en el apartado anterior, colocando los electrones puestos en juego e indicando si se trata de una oxidación o una reducción. |
| 8 | Responde: a) ¿has rendido Química General? (Sí / No); b) ¿estudiaste el tema óxido-reducción en la escuela secundaria? (Sí / No); c) modalidad en la que cursaste. Marca con una cruz la opción que corresponda respecto del estudio de los temas mencionados: resultó fácil; resultó con dificultad media; resultó difícil; fue incomprensible. |

evaluaron los ítems considerando los criterios de suficiencia, claridad, coherencia y relevancia, utilizando una escala tipo Likert. El coeficiente de validez de contenido (CVC) fue de 0,88, lo que indica una validez y concordancia buenas.

Una vez confeccionado y validado, el cuestionario fue administrado a los estudiantes en una clase previamente definida, para su resolución individual. En la clase siguiente se realizaron entrevistas individuales de carácter no estructurado, organizadas a partir de las respuestas y producciones de cada estudiante durante el desarrollo de los ensayos experimentales propuestos. Las entrevistas fueron registradas mediante grabación de audio y, cuando fue pertinente, se solicitaron producciones escritas complementarias (gráficos, esquemas o ecuaciones), con el propósito de triangular la información obtenida.

El Ensayo 1 consistió en la reacción que se produce al colocar un clavo de hierro en ácido clorhídrico diluido (Figura 1).



Figura 1. Ensayo 1: clavo de hierro (izquierda), clavo sumergido en solución de ácido clorhídrico (derecha)

El Ensayo 2 consistió en la construcción de una pila utilizando un limón, una barra de cobre y una barra de magnesio, como electrodos, y un velocímetro sin baterías, para indicar el pasaje de corriente eléctrica (Figura 2). El propósito de esta experiencia fue que los estudiantes pudieran asociar la energía química generada con la energía necesaria para el funcionamiento del velocímetro. Esta actividad constituyó una adaptación de la propuesta de Orduna y Morrás (2013).



Figura 2. Ensayo 2: pila constituida por un limón, una barra de cobre, una barra de magnesio y un velocímetro

A partir de las explicaciones que dan los estudiantes sobre los ensayos se pretendió indagar sobre las representaciones mentales referidas a los siguientes contenidos disciplinares.

- Identificación de reacciones químicas con transferencia de electrones.
- Ganancia y pérdida de electrones.
- Diferencia entre número de oxidación y estado de oxidación.
- Interpretación de las reacciones óxido-reducción desde lo submicroscópico.
- Desde lo macroscópico, la relación entre los conceptos y fenómenos de la vida cotidiana.

Las dimensiones analizadas se pueden observar a partir de las producciones escritas registradas en el cuestionario, a través de las verbalizaciones e ilustraciones obtenidas mediante la entrevista no estructurada.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

El estudio de las representaciones mentales se realizó teniendo en cuenta las tres dimensiones propuestas por Johnson-Laird (1983):

- Representaciones proposicionales
- Imágenes
- Modelos mentales

A continuación, dentro de cada dimensión analizada, se presentan únicamente ejemplos representativos del conjunto total del estudio realizado.

Representaciones proposicionales: Siete estudiantes presentan representaciones de tipo proposicional, las cuales se manifiestan mediante el uso de términos y expresiones verbales que evidencian la construcción de significados a partir del lenguaje. Estas representaciones se materializan en enunciados redactados coherentemente, en los que los estudiantes formulan definiciones y descripciones que reflejan su comprensión del fenómeno o tema en análisis.

Como ejemplo se cita algunos fragmentos tanto de la entrevista entre el profesor (P) y la estudiante (E) Ana, como del cuestionario.

Fragmento de respuestas sobre el Ensayo 1:

P: ¿Qué observas?

E: Una solución transparente, hay burbujas que se desprenden del clavo

P: ¿De qué piensas que son las burbujas?

E: Vi en internet y era hidrógeno, pero no podría ser hidrógeno porque se desprenden del clavo (Figura 1)

P: ...y si no fuera hidrógeno, ¿qué sería?

E: electrones

P: ¿Hay electrones?

E: sí

P: ¿Dónde están los electrones?

E: En la reacción uno cede y otro acepta, el metal cede y se oxida, el ácido acepta y se reduce

P: ¿Por qué la solución se ve amarilla?

E: Tiene algo que ver el cloro, porque se está oxidando el clavo

P: ¿Qué sucede con el cloro?

E: es lo que le da el color a la solución. El hidrógeno se libera en forma de burbuja porque está abierto

P: ¿Si el clavo estuviera en agua que sucedería?

E: No pasaría nada.

P: ¿Habrá burbujas?

E: No habrá burbujas.

P: ¿Qué sucedería con el clavo?

E: Se empezaría a oxidar porque está en contacto con el oxígeno del ambiente. No sería el mismo proceso o reacción, cambiaría la rapidez de la reacción.

Fragmento de respuestas sobre el Cuestionario de Ana:

Pregunta: Menciona distintos procesos en los que hay transferencia de electrones o un proceso de óxido – reducción.

Respuesta: Formación de sales binarias, óxidos.

Pregunta: Expresa con tus propias palabras lo que representan: oxidación – reducción- potencial redox.

Respuesta: Ox.: Proceso dónde se liberan electrones

Red.: Proceso dónde se aceptan electrones.

Potencial redox: no responde.

En este caso, en el Ensayo 1, se observa un conflicto cognitivo entre lo que lee en internet, lo que sabe y lo que realmente está visualizando del fenómeno, "Vi en internet y era hidrógeno, pero no podría ser hidrógeno porque se desprenden del clavo". Por otro lado, en el cuestionario la estudiante logra definir los conceptos de oxidación y reducción; sin embargo, dichas definiciones evidencian un aprendizaje de carácter memorístico. Esto se observa al solicitarle ejemplos de fenómenos en los que se produce transferencia de electrones, ella, menciona situaciones en las que dicho proceso no interviene. Asimismo, no logra definir el concepto de potencial redox, cuya comprensión requiere un nivel de abstracción y complejidad mayor. En función de lo expuesto, puede afirmarse que la estudiante presenta una representación de tipo proposicional.

Imágenes: Teniendo en cuenta los tres instrumentos de investigación, en los cuales se les solicitaba esquematizar y/o graficar, distintos procesos, seis de ellos pudieron realizar una ilustración. Se citan algunos ejemplos.

Ej.1. La Figura (3) que se presenta a continuación es un diagrama sobre el ensayo 1, correspondiente a la entrevista no estructurada, en el cual Agustín realiza una ilustración de dicha experiencia, este no presenta explicaciones al momento de ser requeridas.

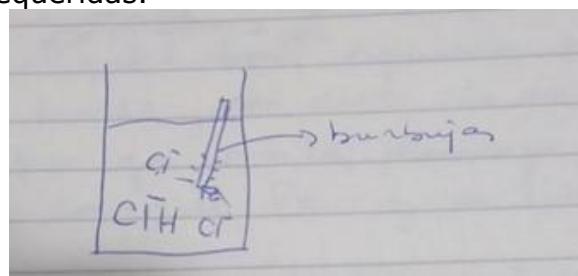


Figura 3. Gráfico realizado por Agustín referido al ensayo 1

Se observa el vaso en el que se encuentra la solución de ácido, el estudiante representa a través de símbolos los iones que provienen del ácido, no representa con símbolos el hierro, pero se visualiza el clavo y las burbujas que se desprenden del clavo.

Ej.2. La Figura 4, que corresponde a este ejemplo, sobre el Ensayo 2, se le solicita a Ana que grafique el ensayo del limón, ella realiza una analogía o trata de relacionarlo con las prácticas de laboratorio conocidas por ella, por lo que se presume que esquematiza una pila.

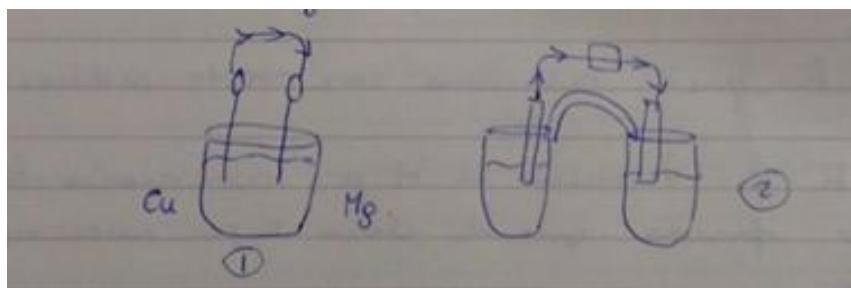


Figura 4. Gráfico realizado por Ana referido al ensayo 2

Se pregunta a Ana sobre cómo se transfieren los electrones, en el gráfico de la Figura 4, y menciona que el puente salino estaría "flotando", piensa y luego realiza un segundo dibujo (Figura 4) indicando que era una electrólisis, dibuja el puente salino e indica que eso faltaba en la experiencia. A continuación, se desarmó el dispositivo del limón, porque la estudiante pensaba que podía haber colocado un puente salino dentro de él.

Ej. 3. En este ejemplo se observa el gráfico que elaboró Elías (Figura 5), para representar el Ensayo 2 (Figura 2), la pila constituida por el limón, a dicho gráfico lo acompaña la siguiente explicación.

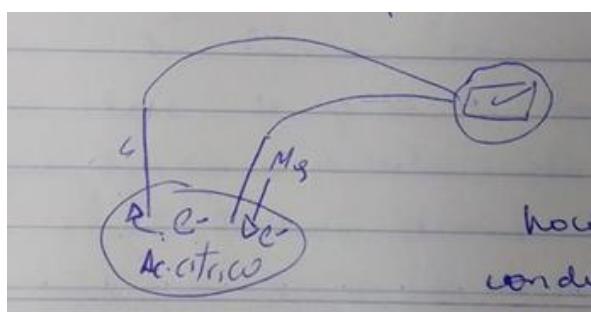


Figura 5. Gráfico realizado por Elías para referirse al ensayo 2

"Los electrones salen del magnesio que reacciona con el ácido cítrico y viajan hacia el cobre, luego pasan al cable conductor, encienden el velocímetro y vuelven al magnesio.

El circuito es finito, hasta que se oxide el magnesio. El magnesio se va a terminar de oxidar cuando se termine el ácido cítrico".

Los estudiantes pueden representar el proceso que transcurre en los ensayos visualizados a través de una imagen que contienen elementos propios de los fenómenos en estudio, pero no se observa una conceptualización clara.

Modelos mentales: Dos estudiantes lograron construir un modelo mental respecto del fenómeno de transferencia de electrones. Las representaciones mentales elaboradas les permitieron desarrollar un modelo de trabajo que facilita la explicación y la predicción de las situaciones planteadas en torno a dicho concepto. Como ejemplo se cita la respuesta de Andrés (Figura 6) a una de las consignas planteadas en el cuestionario, la misma se presenta a continuación.

Consigna: Representa a través de un gráfico, ilustración o esquema, un fenómeno o proceso en el que haya transferencia de electrones y explícalo.

La Figura 6 representa la respuesta del estudiante que fue acompañada de la siguiente explicación.

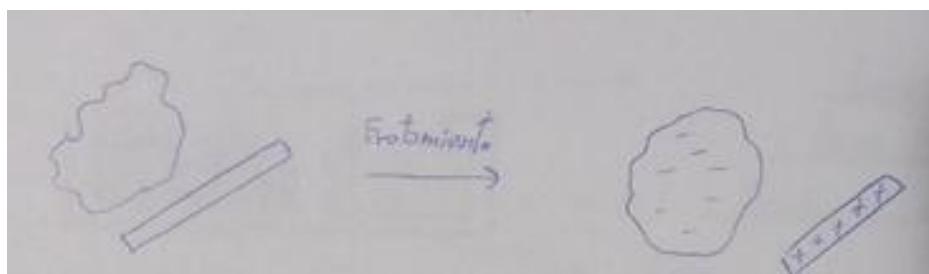


Figura 6. Gráfico realizado por Andrés como explicación de un proceso en el que hay transferencia de electrones

"Es un proceso de frotamiento entre un paño de seda y una varilla de vidrio. Al frotar ambos cuerpos se genera una transferencia de electrones, donde el paño de seda queda con un exceso de electrones por ende va a estar cargado negativamente, mientras que la varilla de vidrio va a tener una deficiencia de electrones, quedando cargada positivamente".

El mismo estudiante (E) responde en la entrevista que se le realizó durante el ensayo 1 lo siguiente:

P: ¿Qué observas?

E: Observo un burbujeo alrededor del clavo, la solución por el momento incolora.

P: ¿Por qué piensas que surge ese burbujeo?

E: Pienso que tiene que ver con una reacción redox, dónde un elemento se reduce y otro se oxida, no recuerdo... un elemento gana electrones y otro los pierde.

Ahora lo que estoy notando es que está empezando a cambiar de color, a un tono más amarillento.

P: ¿De qué son las burbujas? (silencio) de que elemento, de que compuesto

E: Ya que el clavo es de hierro y está en ácido clorhídrico las burbujas deberían ser de cloruro férrico o ferrosa.

P: ¿El color amarillento a que se deberá?

E: Es por la misma reacción, por lo que se forma, por los productos que se obtienen.

P: ¿Cuál de esos productos será?

E: Ahora estoy dudando, porque si uno de los productos es el cloruro férrico... el otro debería ser hidrógeno molecular. Ah, las burbujas son de hidrógeno.

P: ¿Hasta cuándo se va a producir la reacción?

E: Hasta que se agote uno de los dos reactivos y eso va a depender de la masa, tendríamos que ver el reactivo limitante y el reactivo en exceso.

Se puede decir que Andrés tiene un modelo mental de los conceptos en estudio, ha logrado realizar inferencias, cuando no recordaba del todo los conceptos, relacionar con otros contenidos de química como son reactivo limitante y en exceso, relacionar con distintos fenómenos, no sólo del ámbito de la química, si no de la física como el caso que expone en su imagen.

Los resultados obtenidos se corresponden con los hallazgos reportados por Insausti et al. (2013), quienes señalan que el aprendizaje de los procesos redox presenta un alto nivel de complejidad. Las mayores dificultades se evidencian en la tendencia a asociar el término oxidación exclusivamente con la ganancia de oxígeno, en la confusión derivada del uso inadecuado del lenguaje específico de la química.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo coinciden con los obtenidos por Matute et al. (2013) en el estudio sobre representaciones mentales en torno al concepto combustión. Se observa que en cuanto a las representaciones mentales construidas por los estudiantes, éstas les permitieron elaborar un modelo de trabajo acerca del concepto, porque poseían ideas previas que les permitieron explicar y predecir las situaciones planteadas, mientras que en aquellos casos en los que no se obtuvo respuesta, se puede decir que se agotó la funcionalidad de las representaciones utilizadas hasta entonces generada por conflictos cognitivos entre las ideas previas y el planteamiento por resolver.

CONCLUSIONES

En términos generales, los estudiantes tienden a construir representaciones de tipo proposicional, limitadas a la descripción literal de los conceptos, estableciendo pocas inferencias que les permitan explicar los fenómenos observados. Esta dificultad evidencia la presencia de un conflicto cognitivo entre los saberes teóricos previamente estudiados y las situaciones experimentales propuestas, lo que obstaculiza la elaboración de respuestas conceptualmente correctas.

En esta investigación se advierte una tendencia recurrente en los estudiantes a mostrar cierta resistencia frente al uso de representaciones visuales como medio de expresión conceptual. Esta dificultad para proponer, elaborar o interpretar imágenes, ilustraciones o esquemas podría vincularse con una escasa apropiación del lenguaje gráfico en el ámbito científico. Las ilustraciones generadas tienden, por ello, a ser escuetas y poco explicativas. Sin embargo, cuando las representaciones son provistas por el docente, algunos estudiantes logran describirlas con mayor precisión, lo que sugiere que su comprensión mejora ante apoyos visuales guiados.

Algunos estudiantes tienen un modelo mental respecto del tema en estudio, pueden hacer inferencias, relacionar distintos fenómenos, no sólo del ámbito de la química, si no de la física y de la vida cotidiana.

A través del estudio de las representaciones mentales y en relación a los contenidos disciplinares se observa que los estudiantes:

- Definen la ganancia y perdida de electrones como reducción y oxidación respectivamente.
- En la mayoría de los casos, mencionan ganancia y pérdida de electrones, no se evidencia un aprendizaje significativo desde el nivel microscópico.
- Presentan dificultad para identificar procesos químicos que involucren transferencia de electrones.
- Indican que número de oxidación y estado de oxidación, no es lo mismo, pero no pueden definirlos, ni diferenciarlos.
- En algunos casos, asocian el concepto de oxidación con la presencia de oxígeno.
- Los conceptos vinculados con el potencial de oxidación, no se encuentran plenamente comprendidos por los estudiantes. Esta dificultad podría atribuirse al grado de abstracción y complejidad que dichos conceptos implican, ya que requieren integrar nociones teóricas avanzadas y comprender procesos que no son directamente observables en la experiencia
- Tienen dificultades para asociar los conceptos adquiridos con distintos fenómenos de la vida cotidiana.

IMPLICANCIAS DIDÁCTICAS

El estudio de las representaciones mentales, en este caso, permite identificar conceptos erróneos o incompletos que los estudiantes pueden tener sobre los procesos de oxidación y reducción, como así también su nivel de comprensión sobre el mismo, de esta manera el profesor podrá ajustar el contenido y dar un enfoque didáctico apropiado al grupo de alumnos.

Se deberían implementar estrategias didácticas que permitan trabajar cada uno de los conceptos que hacen al tema, en forma particular e independiente, para integrarlos posteriormente a través de fenómenos de la vida cotidiana.

Sería muy interesante que en estas estrategias se incluya el uso de simuladores de distintos niveles de comprensión y que presenten tanto actividades a nivel macroscópico como microscópico.

Es pertinente señalar la relevancia de los ensayos de laboratorio en el aprendizaje de la química, ya que constituyen espacios privilegiados de construcción activa del conocimiento donde el estudiantado enfrenta conceptos teóricos en contextos empíricos reales o simulados. A través de estas prácticas, los futuros formadores no solo observan fenómenos, sino que deben formular hipótesis, manipular materiales, analizar resultados y reflexionar sobre las discrepancias entre lo esperado y lo observado.

En este sentido, los trabajos prácticos experimentales permiten generar situaciones de aprendizaje significativo, favoreciendo la construcción de modelos mentales más cercanos a los científicos; además, resulta fundamental fomentar instancias de discusión en las que los estudiantes

puedan expresar y contrastar sus representaciones mentales, promoviendo la reflexión crítica y la reconstrucción de conceptos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chonillo-Sislema, L., Heredia-Gavin, D., Chayña-Apaza, J., Ramos-Pineda, Z. y Sánchez-Solórzano, J. (2024). Dificultades en el aprendizaje de química en el bachillerato, desde la opinión del alumnado y algunas alternativas para superarlas. *Revista Innova Educación*, 6(1), 71–88. <https://doi.org/10.35622/j.rie.2024.01.005>
- Galicia Alarcón, L. A., Balderrama Trápaga, J. A. y Edel Navarro, R. (2017). Validez de contenido por juicio de expertos: Propuesta de una herramienta virtual. *Apertura*, 9(2), 42–53. <https://doi.org/10.32870/Ap.v9n2.993>
- Greca, I. y Moreira, M. A. (1996). Un estudio piloto sobre representaciones mentales, imágenes, proposiciones y modelos mentales respecto al concepto de campo electromagnético en alumnos de física general, estudiantes de postgrado y físicos profesionales. *Investigações em Ensino de Ciências*, 1(1), 95–108. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/648>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill.
- Insausti Orduna, L., Echeverría Morrás, J. (2013). Ver para creer: un nuevo enfoque en el aprendizaje de los procesos redox. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*. Núm. Extra, p. 1778-83. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/307458>
- Johnson-Laird, P. N. (1983). Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness. Harvard University Press.
- Johnson-Laird, P. N. (1996). Images, models and propositional representations (pp. 90–127). En M. De Vega, M. J. Intons-Peterson, P. N. Johnson-Laird, M. Denis y M. Marschark (Eds.), *Models of visuospatial cognition*. Oxford University Press.
- Matute, S., Iglesias, P., Gutiérrez, O., Capote, T., Rojas, J. y Durán, R. (2013). Representaciones mentales en el aprendizaje del concepto combustión. *Educere*, 17(57), 309–318. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=35630152015>
- Moreira, M. A. (2000). Aprendizaje significativo. <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigsubesp.pdf>
- Ocanto Silva, I. (2009). La creación de imágenes mentales y su implicación en la comprensión, el aprendizaje y la transferencia. *Sapiens*, 10(2), 243–254. <https://revistas.upel.edu.ve/index.php/sapiens/issue/view/253>
- Orduna, L. I. y Morrás, J. E. (2013). Ver para creer: Un nuevo enfoque en el aprendizaje de los procesos redox. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 1778–1783. <https://ddd.uab.cat/record/175352>

Otero, M. R. (1999). Psicología cognitiva, representaciones mentales e investigación en enseñanza de las ciencias. *Investigações em Ensino de Ciências*, 4(2), 93–119.
<https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/651>

Rodríguez Palmero, M. L. y Moreira, M. A. (2003). Una aproximación cognitiva al aprendizaje del concepto “célula”: Un estudio de caso. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 3(2), 45–58.
<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4107>

Investigación en didáctica de la Química

INTEGRACIÓN DIDÁCTICA DE CHEMSKETCH EN LA ESTEREOQUÍMICA Y SUS EFECTOS EN LAS HABILIDADES VISOESPAZIALES

Carolaine Urra Canales¹, Jorge Valdivia Guzmán²

1- *Liceo Obispo San Miguel. Chiguayante. Provincia de Concepción. Chile.*
2- *Universidad de Concepción, Facultad de Educación, Departamento de Metodología de la Investigación e Informática Educacional. Chile.*

E-mail: jvaldivi@udec.cl

Recibido: 08/09/2024. Aceptado: 28/11/2025.

ARK CAICYT: <https://id.caicyt.gov.ar/ark:/s23449683/u6ji5s1f>

Resumen. Las habilidades visoespaciales son fundamentales para comprender y representar de manera adecuada las estructuras tridimensionales de las moléculas. En el campo de la estereoquímica, estas habilidades adquieren una importancia primordial, ya que se estudian las propiedades espaciales de las moléculas y su relación con sus propiedades fisicoquímicas. La finalidad del estudio, de carácter cuantitativo, y modalidad cuasiexperimental, fue el de incorporar el software de simulación ChemSketch como recurso TIC para promover el desarrollo de habilidades visoespaciales en la enseñanza de la estereoquímica en estudiantes de enseñanza media. El diseño investigativo contempló un Pretest y Postest y grupo intacto e involucró una muestra de 70 estudiantes. Los resultados evidenciaron diferencias estadísticamente significativas en las habilidades visoespaciales de la estereoquímica antes y después de la intervención con el programa ChemSketch, implicando con ello el desarrollo de habilidades visoespaciales en el área de la estereoquímica.

Palabras clave: escuela secundaria, estereoquímica, habilidades visoespaciales, software educativo

Didactic integration of ChemSketch in stereochemistry and its effects on visuospatial skills

Abstract. Visuospatial skills are fundamental to understanding and adequately represent the three-dimensional structures of molecules. In the field of stereochemistry, these skills acquire a primordial importance, since the spatial properties of molecules and their relationship with their physicochemical properties are studied. The purpose of the study, which was quantitative and quasi-experimental, was to incorporate the simulation software ChemSketch as an ICT resource to promote the development of visuospatial skills in the teaching of stereochemistry in high school students. The research design included a Pretest and Posttest and intact group and involved a sample of 70 students. The results showed statistically significant differences in visuospatial skills in stereochemistry before and after the intervention with the ChemSketch program, implying the development of visuospatial skills around stereochemistry.

Keywords: high school, stereochemistry, visual-spatial skills, educational software

Integração didática do ChemSketch na estereoquímica e seus efeitos nas habilidades visoespaciais

Resumo. As habilidades visoespaciais são fundamentais para compreender e representar adequadamente as estruturas tridimensionais das moléculas. No campo da estereoquímica,



essas habilidades assumem importância central, uma vez que são estudadas as propriedades espaciais das moléculas e sua relação com as propriedades físico-químicas. O objetivo deste estudo, de abordagem quantitativa e delineamento quase experimental, foi incorporar o software de simulação ChemSketch como recurso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) para promover o desenvolvimento de habilidades visoespaciais no ensino de estereoquímica em estudantes do ensino médio. O desenho da pesquisa contemplou a aplicação de pré-teste e pós-teste com grupo intacto, envolvendo uma amostra de 70 estudantes. Os resultados evidenciaram diferenças estatisticamente significativas nas habilidades visoespaciais relacionadas à estereoquímica antes e após a intervenção com o programa ChemSketch, indicando o desenvolvimento dessas habilidades na área da estereoquímica.

Palavras-chave: ensino médio, estereoquímica, habilidades visoespaciais, software educativo

INTRODUCCIÓN

Entre los conceptos fundamentales de la química orgánica se encuentra la estereoquímica, que aborda la disposición espacial tridimensional de los átomos o grupos en una molécula y cómo esta configuración influye en sus propiedades y comportamientos fisicoquímicos.

En los procesos de enseñanza y de aprendizaje de la estereoquímica, es crucial el desarrollo de las habilidades visoespaciales en los estudiantes, ya que estas permiten comprender y visualizar la estructura tridimensional de las moléculas, resultando fundamental para interpretar las interacciones químicas y explicar, por tanto, el comportamiento de los compuestos. Según, Pineda et al. (2019), estas habilidades son un componente crítico para el éxito en la comprensión de los compuestos de la química orgánica.

Para abordar este desafío y mejorar significativamente los aprendizajes del estudiante, se ha explorado el uso de recursos educativos innovadores y herramientas tecnológicas, proporcionando así nuevas formas de comprender conceptos complejos y fomentando un aprendizaje mucho más interactivo y dinámico. Entre estos recursos, los simuladores especializados en química han adquirido relevancia como herramientas pedagógicas eficaces. De acuerdo con Loureiro (2017), los programas de estructuración molecular permiten el diseño de estructuras, y algunos de ellos también, la manipulación y representación de moléculas tridimensionales.

En este mismo orden de ideas, se puede mencionar el software de simulación *ChemSketch*, desarrollado por *Advanced Chemistry Development Labs* (ACD/Labs), recurso tecnológico educativo que promueve el aprendizaje en el área de la química en aspectos como el dibujar estructuras químicas simples, deducir ángulos de enlace, crear modelos tridimensionales de moléculas orgánicas (Iglesias et al., 2013), aspectos notables que colaboran con la práctica del profesor, en especial en temas tan complejos como los mencionados. Además, Becerril y Chávez (2015), explicitan que el software de simulación *ChemSketch*, es un programa que dispone de una interfaz muy fácil manejo, tiene un editor estructural y es muy eficiente pues ayuda a comunicar la información científica y química de manera expedita al usuario.

Habilidades visoespaciales

Todos los objetos, formas y materiales con los cuales trabajamos diariamente son tridimensionales. Las interacciones con los diferentes objetos de nuestro medio promueven el desarrollo y fortalecimiento de las habilidades visoespaciales (Cadavid y Tamayo, 2013).

Según Ortega et al. (2014):

"Las funciones visoespaciales representan el grupo de funciones cognitivas utilizadas para analizar, comprender y manejar el espacio en el que vivimos en varias dimensiones (2D y 3D). Estos procesos incluyen imágenes y navegación mental, percepción de la distancia y profundidad, así como la construcción visoespacial. Utilizamos las imágenes y la navegación mental para procesar y rotar objetos en nuestra mente o para desplazarnos virtualmente por una imagen de nuestro entorno, que hemos reconstruido en nuestro cerebro." (p. 83)

Ahora bien, en algunos temas de química orgánica, como por ejemplo en estereoquímica e isomería, se utilizan bastante las habilidades visoespaciales. En el aula, los estudiantes, por ejemplo, construyen con material reciclado o con plastilina, modelos moleculares de cloruro de metilo (CH_3Cl), etano ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) o acetileno (C_2H_2), respetando los colores asignados para átomos, enlaces y ángulos respectivos. De acuerdo con lo visto, todas estas actividades requieren el desarrollar habilidades espaciales.

Sin embargo, como Harle y Towns (2010) señalan, las habilidades espaciales deben ser evidenciadas por el estudiante en las tareas planificadas por el docente de modo que el mismo muestre sus avances en los desempeños requeridos en la clase. Aquí es importante la práctica o un programa de instrucción para mejorar la capacidad espacial para el desarrollo de las habilidades visoespaciales (Pribyl y Bodner, 1987; Tuckey, 1989).

Por otro lado, Fensham (2002) escribe que en la química se involucran tres tipos de habilidades espaciales:

"La visualización, la percepción precisa del patrón espacial en objetos tridimensionales a partir de representaciones bidimensionales. La orientación, cómo cambia una representación desde diferentes perspectivas y la operación, relacionado con los efectos de rotación, reflexión e inversión en representaciones bidimensionales de objetos tridimensionales." (p. 336)

Asimismo, y teniendo en consideración la relevancia de las habilidades visoespaciales en la comprensión de conceptos y la resolución de problemas relacionados con estereoquímica, Johnson (s.f.) propuso un tutorial de simetría en línea sustentado en JSmol (visor gratuito Java Scripts de código abierto que visualiza estructuras químicas en 3D) con la finalidad de que los estudiantes practicaran las habilidades espaciales. Este tutorial, se apoyó en cinco principios para el diseño de herramientas de visualización química que habían sido descritos por Wu y Shah en su momento (2004):

"Proporcionar múltiples representaciones y descripciones, hacer visibles las conexiones referenciales, presentar la naturaleza dinámica e interactiva de la química, promover la transformación entre 2D y 3D,

y reducir la carga cognitiva al explicitar e integrar la información para los estudiantes." (p. 470)

Lo expuesto, denota la relevancia de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) para el profesor, más aún cuando se hace alusión a dispositivos multimediales para mostrar la naturaleza interactiva de la química o para promover la transformación entre 2D y 3D de las representaciones moleculares, recursos que pueden contribuir a desarrollo de habilidades visoespaciales en los estudiantes (Cortés et al., 2022).

ChemSketch, un simulador para la enseñanza de la química

Para Campos et al. (2000), un simulador tiene por finalidad implementar de manera virtual un escenario que permita al estudiante actuar como si fuera una situación real. Su uso busca reducir riesgos y gastos, lo que lo convierte en una herramienta educativa muy importante, ya que el alumno puede aplicar sus conocimientos sin poner en peligro su integridad personal.

Ahora, para la enseñanza de la química orgánica están surgiendo recursos tecnológicos y multimediales, como son las nuevas herramientas visuales que permiten no solo comprender los espacios tridimensionales, sino que también construir, ejercitarse y poner a prueba los contenidos teóricos de forma segura y práctica. Es por lo mismo, que los simuladores de carácter interactivo se han incorporado en el ámbito educativo como un medio didáctico para potenciar tanto la enseñanza como el aprendizaje de la asignatura (Castillo et al., 2017).

En este caso, se hace mención del software de simulación *ChemSketch*, una herramienta educativa que permite la construcción y representación de estructuras moleculares. Es un programa de visualización molecular interactivo, en el cual se puede aprender de manera autónoma y colaborativa con los pares. Al mismo tiempo, favorece el aprendizaje de la química orgánica, así como la creación de ecuaciones químicas, estructuras moleculares y diagramas de laboratorio.

Chonillo (2024), incorporando el software de simulación *ChemSketch* como recurso didáctico para el aprendizaje de Química Orgánica en estudiantes de bachillerato, expresó que se "produjo una mejora altamente significativa en el aprendizaje de la química orgánica", evidenciado con ello que este software puede ser una estrategia pedagógica efectiva para enriquecer la enseñanza en el nivel secundario.

Ramírez (2022), por otro lado, elaboró una propuesta didáctica que incorporó el software de simulación *ChemSketch* en la que participaron 16 estudiantes de enseñanza media (grado once) con la finalidad de mejorar los conocimientos de los grupos funcionales de química orgánica, situación que se evidenció en los resultados obtenidos, donde el rendimiento de ellos pasó de un nivel básico hacia un nivel superior.

Coincidente con lo anterior, Araujo (2024), desarrolló una investigación cuasiexperimental en la que incorporó el software *ChemSketch* para fomentar los aprendizajes e interés de los estudiantes en la asignatura. De acuerdo con la autora, el software mejoró la apropiación de los contenidos de los grupos

funcionales en química orgánica, como también la promoción de las habilidades intelectuales, motoras y actitudinales.

OBJETIVO GENERAL

Evidenciar el desarrollo de habilidades visoespaciales a través de la incorporación del *software* de simulación *ChemSketch* para la enseñanza de la estereoquímica en estudiantes de tercer año que cursan su enseñanza media en un establecimiento de carácter subvencionado.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Capacitar en el uso de *software* de simulación *ChemSketch* a un grupo de estudiantes.
2. Implementar actividades educativas que promuevan el desarrollo de habilidades visoespaciales en estereoquímica, mediante el uso del *software* de simulación *ChemSketch*.
3. Analizar las habilidades visoespaciales existentes y adquiridas por los estudiantes de enseñanza media antes y después de la intervención para el contenido de estereoquímica.

METODOLOGÍA

La iniciativa se implementó en un establecimiento particular subvencionado ubicado en la comuna de Chiguayante, de la ciudad de Concepción, Chile.

El diseño de investigación de carácter longitudinal, supeditado al método cuantitativo, modalidad cuasiexperimental, correspondió al llamado Pretest y Postest y grupos intactos (siendo este último el grupo de control). La equivalencia de los grupos tomó en consideración aspectos tales como la edad de los estudiantes, la distribución en ellos en los grupos experimental y control, como también el género (ver Tabla 1).

Tabla 1. Muestra de estudio: grupo experimental y el grupo control. Conteo de participantes según edad y género

| Variable | Grupo Experimental | Grupo Control |
|---------------|---|---|
| Edad | 15 años: 03 16 años: 27 17 años: 05 | 15 años: 01 16 años: 31 17 años: 03 |
| Género | Mujeres: 20 Hombres: 15 | Mujeres: 20 Hombres: 15 |
| Total | 35 | 35 |

Fuente: Elaboración propia

Población

La población estuvo constituida de 210 estudiantes todos los cuales correspondieron a casos que concordaron con las especificaciones de las unidades de análisis del estudio: que los estudiantes estuviesen cursando el tercer año de enseñanza media en un establecimiento particular subvencionado dependiente de una Fundación Educacional Católica, que su

rango de edad fuese de entre 15 y 17 años y que tuviesen la Unidad de "Química orgánica: estereoquímica e isomería" en el marco de su formación regular.

Muestra

De acuerdo con el contexto de la investigación, el tipo de muestreo no probabilístico consideró la técnica de muestreo por conveniencia que permitió seleccionar a los estudiantes por la facilidad de acceso y disponibilidad de ellos para que fueran parte de la investigación. La muestra se conformó de 70 estudiantes. Además, ambos cursos fueron intervenidos por la misma docente de química, implicando con ello resguardos u objetividad durante el proceso de intervención y que pudiesen afectar la validación interna de la investigación, por citar, el sesgo de la elección de la muestra, aplicación de evaluaciones diferentes en ambos grupos, conocimiento de los cursos, aspectos que se mantuvieron controladas durante la investigación.

De la implementación de la iniciativa

Para llevar a cabo la investigación, se implementaron una serie de etapas, como fue el acceso a diversas fuentes investigativas nacionales e internacionales que tenían relación con la incorporación de recursos tecnológicos en la Química Orgánica, el acercamiento a las autoridades del establecimiento para difundir la iniciativa, se elevó a los familiares un consentimiento informado para la participación de los menores en la investigación, como también la búsqueda de expertos para validar el instrumento de recogida de datos.

Además, el equipo de investigación planificó cuatro sesiones de formación para los estudiantes relacionada con la Unidad "Química Orgánica: estereoquímica e isomería". La formación tuvo por objetivo "Desarrollar modelos que expliquen la estereoquímica e isomería de compuestos orgánicos como la glucosa, identificando sus propiedades y su utilidad para los seres vivos" (MINEDUC, s.f.).

A continuación, en la Tabla 2 se describe en detalle el escenario didáctico durante la investigación para la Unidad antes mencionada. El mismo fue implementado tanto para el grupo experimental como para el grupo control.

Tabla 2. Descripción de la planificación de las sesiones (4) tanto para el Grupo Experimental como para el Grupo Control.

| Sesión | Contenidos | Grupo Experimental | Grupo Control |
|--------|---|---|--|
| 1 | Diagnóstico Representaciones Tridimensionales (cuña/línea, caballete, Newman, Fisher). | Aplicar Pretest. Capacitación y uso del software ChemSketch. Dibujar, visualizar (3D Viewer) y determinar ángulos/longitudes de enlace. | Aplicar Pretest. Dibujar moléculas en el cuaderno (según Guía). Visualizar y determinar ángulos/longitudes de enlace. |

| | | | |
|---|------------------------------------|---|---|
| 2 | Isómeros Estructurales. | Construir estructuras en ChemSketch (ej. 1-propanol). Reconocer tipos de isomería en las estructuras creadas. | Construir estructuras en el cuaderno (ej. 1-propanol). Reconocer tipos de isomería (según Guía). |
| 3 | Isomería Óptica y Estereoquímica. | Dibujar y rotar el 2-buteno en ChemSketch y extender a alquenos. Reconocer la quiralidad a través del software. | Dibujar el 2-buteno en el cuaderno y extender a alquenos (según Guía). Realizar estructuras y reconocer la quiralidad en el cuaderno. |
| 4 | Postest de aprendizajes de salida. | Aplicar el Postest (Google Form). | Aplicar el Postest (Google Form). |

Fuente: Elaboración propia

Todas las sesiones fueron acompañadas por la docente de Química mientras que el grupo experimental además estuvo acompañado del encargado del Laboratorio de computación.

En la figura 1 se ilustran momentos de las actividades realizadas.



Figura 1. Estudiantes en el aula interactuando con el software de simulación ChemSketch

Del instrumento de recogida de datos

En lo que respecta a la adquisición y desarrollo de las habilidades visoespaciales (rotación y orientación molecular) se aplicó el mismo instrumento de evaluación (Pretest y Posttest) al grupo experimental y control al inicio y final de la intervención pedagógica.

Dicho instrumento fue elaborado por el equipo de investigación y validado por juicios de expertos, esencialmente en la referencia teórica del componente “validez de contenido”. Dicho instrumento publicado en *Google Form* estuvo conformado por preguntas cerradas que se complementaban con respuestas de tipo abierta.

A continuación, se mencionan las preguntas para cada uno de los ejercicios del instrumento de evaluación:

Tabla 3. Ejercicios incorporados en el instrumento de evaluación y que fue aplicado durante la investigación

| Nº | Enunciados del ejercicio (ver imágenes en la figura 2) | Habilidad visoespacial evaluada |
|----------------|--|--|
| 1 | <p>a) Si rotas la molécula modelo 90° en el eje X ¿Cuál de las siguientes moléculas representa el giro realizado? Marca la correcta.</p> <p>b) Describe el proceso que realizaste para resolver el ejercicio</p> <p>c) Explica las principales dificultades que presentaste al resolver el ejercicio</p> | Efectos de rotación |
| 2 | <p>a) Si rotas la molécula modelo 180° en el eje Y ¿Cuál de las moléculas siguientes representa el giro pedido? Marca la correcta.</p> <p>b) ¿Consideras que la pregunta anterior fue bien planteada? Justifica tu respuesta.</p> <p>c) <u>Explica por qué la respuesta que elegiste es la correcta.</u></p> | Efectos de rotación |
| 3 | <p>a) La molécula B representa la molécula A reflejada en el espejo, si al rotar la molécula B 180° alrededor del eje que pasa por el centro de la molécula (tal y como lo indica la figura) ¿Crees que después de realizado el giro, son exactamente iguales la molécula A Y B?</p> <p>b) ¿Tuviste dificultades al girar la molécula según el ángulo pedido? Justifica tu respuesta.</p> <p>c) ¿Piensas que es necesario elaborar algún tipo de planeación previa, antes de resolver el ejercicio? <u>Explica tu respuesta.</u></p> | Orientación molecular Efectos de rotación |
| 4 | <p>a) En este ejercicio debes dibujar la imagen de la molécula modelo reflejada en el espejo (tal y como lo indica la figura). Para ello se te solicita elaborar un plan. Describe el plan que propusiste.</p> <p>b) Ahora, sigue el plan que propusiste para resolver el ejercicio. Selecciona la alternativa correcta.</p> <p>c) ¿Por qué piensa que estos pasos le permitieron resolverlo?</p> <p>d) ¿Qué pasos modificarías y de qué forma?</p> | Orientación molecular |
| 5 | <p>a) ¿Cuántos grados tuviste que rotar la molécula A, para que sea como la molécula B? Marca la alternativa correcta.</p> <p>b) ¿Crees que posees habilidades para realizar giros mentales de moléculas? Justifica tu respuesta.</p> <p>c) ¿Consideras que se necesitas conocimientos en química para resolver algunos ejercicios? Justifica tu respuesta.</p> | Efectos de rotación |
| 6 | <p>a) Debes identificar cuáles de las 5 moléculas presentadas a continuación son QUIRALES. Marca la(s) alternativa(s) correcta(s).</p> | Efectos de rotación |
| 7 | <p>a) ¿Cómo crees que luciría la molécula si se rotara de tal manera que el Hidrógeno quedara ubicado en la posición de atrás? Marca la respuesta correcta.</p> <p>b) ¿Cuál crees que fue el principal obstáculo que se presentó mientras resolvías la pregunta?</p> | Efectos de rotación |
| 8 | <p>a) Qué crees que sucedería con las moléculas A y B si superponemos la mano derecha con la izquierda ¿Quedarán iguales?</p> <p>b) Justifica tu respuesta a la pregunta anterior.</p> | Orientación molecular |
| ¿Cómo nos fue? | <p>a) De 1 a 10 ¿Cuál fue tu desempeño mientras resolviste los ejercicios?</p> <p>b) Justifica tu respuesta a la pregunta anterior</p> <p>c) Le agrada la asignatura de Química. ¿Por qué?</p> | |

Las imágenes asociadas a las preguntas cerradas y abiertas del Pretest y Postest y que les dan sentido orientador a los estudiantes se reproducen en la figura 2.

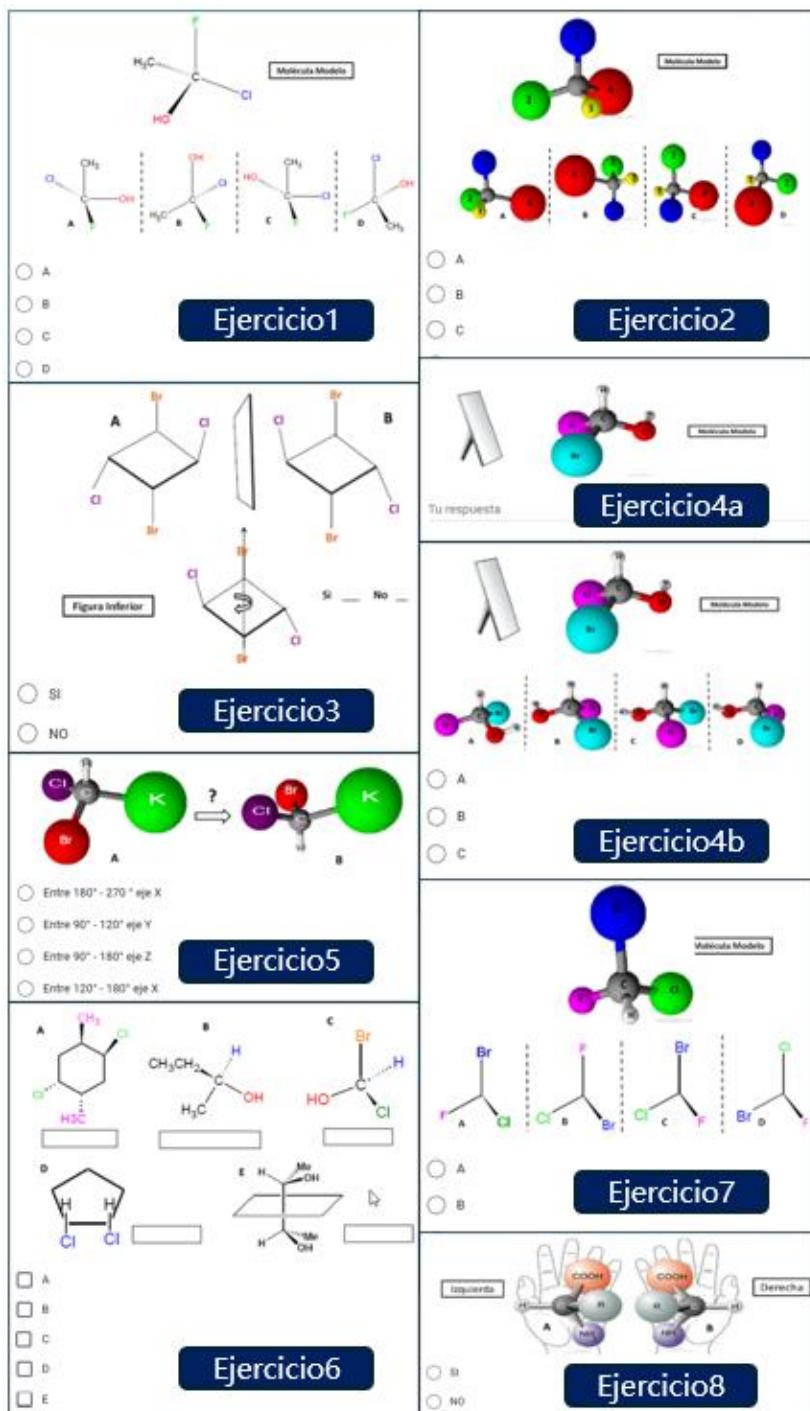


Figura 2. Detalle de las moléculas consideradas en los ejercicios tanto el Pretest como en el Postest. Fuente: Elaboración propia

De la prueba estadística en el contexto de la investigación

Según Guillen Valle et al. (2019) para definir la prueba estadística que se utilizará en una investigación, se debe analizar en primer lugar el cumplimiento del supuesto de Normalidad de los datos en ambas muestras.

Hecha la consideración anterior, se analizó la distribución normal a través de la Prueba de Normalidad de Kolmogórov-Smirnov y Shapiro-Wilk utilizando el software estadístico SPSS.

Sobre la base de lo expuesto, y conforme a los resultados de la Prueba de Normalidad y las características de la investigación (modalidad cuasiexperimental), se procedió a seleccionar el tipo de prueba estadística que daría respuesta al objetivo principal de la investigación: la U de Mann-Whitney o de Wilcoxon.

RESULTADOS

En lo que se refiere al comportamiento de los datos, la Prueba de Normalidad de Kolmogórov-Smirnov mostró que los resultados obtenidos tanto en el Pretest como en el Postest no se distribuyen de manera normal.

Por las consideraciones anteriores, la prueba estadística a utilizar para dar respuesta a las diferencias significativas entre los grupos de estudio fue la Prueba U de Mann-Whitney.

Tabla 4. Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes realizada con IBM SPSS Statistics 23

| Hipótesis Nula | Test | Sig. ^{a,b} | Decisión |
|--|---|---------------------|----------------------------|
| La distribución del Pretest es la misma entre las categorías de Grupos | Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes | 0,894 | Retener la hipótesis nula |
| La distribución del Postest es la misma entre las categorías de Grupos | Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes | 0,000 | Rechazar la hipótesis nula |

- a. El nivel de significancia es 0,05.
b. Se muestran las significancias asintóticas.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la Tabla 4 y en relación con el Postest, cuya significancia estadística es igual a 0,000 y menor que 0,05 (nivel de significancia consensuada para investigaciones de naturaleza educativa), se puede explicitar que se evidencian diferencias significativas en el grupo experimental entre las medias del antes y después de la intervención. En el Pretest no se observaron diferencias entre grupos, mientras que en el Postest se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo experimental y el grupo control, lo que sugiere un efecto favorable asociado a la intervención con ChemSketch.

Sobre la base de las consideraciones anteriores, en la tabla 5 se destacan diversas opiniones de los estudiantes (después de la intervención del

simulador en el aula) y que tienen relación con los ejercicios propuestos en el grupo experimental.

Tabla 5. Comentarios de los estudiantes después de utilizar ChemSketch

| Tipo de grupo | Expresiones y narrativas de los estudiantes ante la consulta en el Postest |
|---------------|--|
| | <p>Pregunta: Pregunta 5.a ¿Cree que posee habilidades para realizar giros mentales de moléculas?</p> <p>Un 77% de los estudiantes indican que sus habilidades para hacer giros mentales han mejorado, especialmente después de comprender mejor los ejes y las representaciones tridimensionales:</p> <p><i>"Entendiendo las imágenes tridimensionales se hace más fácil hacer los giros"</i> (estudiante 6).</p> <p><i>"Creo que las he mejorado ya que puedo imaginarme las moléculas sin problemas"</i> (estudiante 27).</p> <p><i>"Aún me cuesta hacer los giros, pero una vez entendiendo los ejes se hace muy fácil"</i> (estudiante 1).</p> <p>Junto con lo anterior señalan que la práctica ha ayudado a desarrollar su capacidad de visualización y manipulación mental:</p> <p><i>"Creo que ahora se me hace menos difícil imaginar las moléculas en 3D, debido a la práctica"</i> (estudiante 14).</p> <p><i>"Creo que la práctica ha ayudado"</i> (estudiante 20).</p> |
| Experimental | <p>Pregunta: Pregunta a) De 1 a 10 ¿Cuál fue su desempeño mientras resolvía los ejercicios propuestos? Justifique su respuesta.</p> <p>Un 37% de los estudiantes indicaron que su desempeño fue un 9. Señalan que se sintieron más seguros en sus respuestas, haciendo énfasis en que la práctica y el uso del simulador fue algo favorable. Por citar:</p> <p><i>"Creo que mi desempeño fue mejor que el pretest, ya que al hacer muchas actividades con el programa se me facilitó ahora mirar las moléculas"</i> (estudiante 1).</p> <p><i>"Me sentí más segura para resolver los ejercicios. Con la práctica se me hizo fácil imaginar los giros"</i> (estudiante 8).</p> <p><i>"No me costó tanto responder el test (léase Postest). Con la práctica en clases y con el simulador fue todo más fácil"</i> (estudiante 15).</p> <p>Por otro lado, un 11% señala que su desempeño fue de un 10, indicando que sintieron mayor seguridad, presentaron menos dificultades y el uso del programa ayudo:</p> <p><i>"Me sentí más segura y conforme de mis respuestas"</i> (estudiante 5).</p> <p><i>"Creo que me costó mucho menos hacer los ejercicios. Antes no sabía mucho, pero al practicar con el programa puedo ver mejor las imágenes."</i> (estudiante 11).</p> <p><i>"Creo que hice todo con mucha conciencia y no me costó tanto"</i> (estudiante 27).</p> |

Fuente. Elaboración propia.

DISCUSIÓN

Las prácticas pedagógicas en la actualidad se han visto favorecidas debido a la incorporación de tecnologías que han hecho que el proceso de enseñanza y aprendizaje sea un espacio motivante y atractivo no sólo para el profesor, sino que también para el estudiante. La realidad aumentada, el software educativo, los laboratorios virtuales, los simuladores, las plataformas en línea han ampliado el horizonte de recursos disponibles en el contexto de la química (Bizzio et al., 2024; Chonillo, 2024; Marcano, 2020) despertando el interés y la motivación de los estudiantes en comprender los procesos físicos y químicos que ocurren en su entorno (Rodríguez et al., 2021).

El propósito de esta investigación fue el de incorporar el *software* de simulación *ChemSketch* como recurso tecnológico para promover el desarrollo de habilidades en la enseñanza de la estereoquímica en estudiantes de tercer año de enseñanza media.

Los resultados obtenidos en esta investigación evidenciaron una mejora significativa en las habilidades visoespaciales de los estudiantes, después de la intervención con el *software* de simulación *ChemSketch*. Estos hallazgos son coherentes con estudios previos que han señalado que la comprensión de conceptos vinculados con la estructura molecular, requieren la capacidad de los estudiantes de reconstruir imágenes de dos dimensiones en formas tridimensionales (Flamini y Wainmaier, 2012) y aquí destaca la importancia de dichas habilidades en el estudio de la estereoquímica. Pribyl y Bodner (1987) también encontraron una correlación entre las habilidades espaciales de los estudiantes y su desempeño en química orgánica, en donde los que tenían habilidades espaciales obtuvieron mejores desempeños que aquellos con habilidades visoespaciales bajas.

Resulta oportuno mencionar las ventajas del uso educativo de *ChemSketch* en lo que respecta a la adquisición de nuevos conocimientos en el ámbito de la química orgánica, aspecto que puede contribuir al desarrollo de las habilidades visoespaciales en los estudiantes. Ramírez (2022) implementó una secuencia didáctica en el aula para la mejora de los conocimientos de los grupos funcionales en química orgánica incorporando *ChemSketch* en un establecimiento rural e indígena. Después de la intervención, concluyó que el simulador contribuyó de manera notoria a la mejora en la diferenciación y componentes químicos de los grupos funcionales (aldehídos, éter, cetona, alcohol).

Cabe agregar las aportaciones de un estudio cuasiexperimental (Araujo, 2024) en la que concluyó que la herramienta *ChemSketch* promovió el desarrollo de habilidades intelectuales y estrategias cognitivas en los estudiantes del nivel secundario, y que al mismo tiempo favoreció el desarrollo de habilidades motoras de los estudiantes y una motivación por seguir aprendiendo química orgánica a través del software.

El empleo de representaciones y modelos virtuales ha demostrado ser de gran ayuda en la comprensión tridimensional de las moléculas orgánicas. La capacidad de utilizar estos modelos beneficia significativamente las habilidades de los estudiantes para visualizar procesos mentales complejos, como la rotación de moléculas y la transformación e interpretación de

representaciones moleculares con un alto contenido visoespacial (Harle y Towns, 2010). De hecho, los mismos autores citados respaldan la idea de que el uso de modelos tiene un impacto positivo en la comprensión de conceptos químicos tridimensionales, por lo que los resultados obtenidos en esta investigación aportan evidencias de los beneficios pedagógicos de dichas representaciones en la enseñanza de la química. Por su parte, también Gilbert (2005) señala que el uso combinado de modelos físicos y modelos computacionales es crucial para la enseñanza y el aprendizaje de la química, en particular en el área de la estereoquímica.

CONCLUSIONES O PERSPECTIVAS

Un hallazgo de carácter investigativo fue la evidencia del desarrollo de habilidades visoespaciales debido a la incorporación del *software* de simulación *ChemSketch* en la didáctica de la asignatura, aspectos que se demuestran por las respuestas consignadas por los estudiantes en las preguntas cerradas y abiertas incorporadas en el instrumento de recogida de datos.

La incorporación del *software* de simulación *ChemSketch* en la enseñanza de la estereoquímica, mostró un impacto positivo en el desarrollo de habilidades visoespaciales de los estudiantes de tercer año de enseñanza media. Aspectos como los efectos de rotación al momento de girar una molécula o la orientación molecular fueron destacados por los estudiantes lo que permitió comprender de mejor manera el fenómeno como la estereoisomería como también el de la quiralidad de los componentes de una sustancia o compuesto orgánico.

Otro aspecto clave y que debe ser considerado al momento de incorporar un recurso tecnológico en la práctica educativa es la formación o capacitación para el uso de este, en este caso referido al *software* de simulación. Los estudiantes plantearon que lo expuesto facilitó la comprensión y manipulación de las estructuras moleculares en un contexto tridimensional demostrando que la utilidad del *software* para la enseñanza de la química es relevante no solo para el desarrollo de habilidades visoespaciales, sino que también como una herramienta educativa que debe ser parte regular de los planes y programas vigentes del Ministerio de Educación.

Cabe mencionar, que la elección del programa de simulación como lo fue el *software* de simulación *ChemSketch* brindó a los estudiantes la posibilidad de que los aprendizajes obtenidos y evidenciados a través del desarrollo de habilidades cognitivas permitiese no solo tener claridad sobre las estructuras y visualización de las moléculas 3D, sino que también acercar a los estudiantes a conceptos abstractos y complejos relacionados con la estereoquímica.

Por otro lado, es importante reconocer algunas limitaciones del estudio. En primer lugar, la muestra estuvo compuesta exclusivamente por estudiantes de tercer año de un liceo particular de la comuna de Chiguayante. Esta selección específica de la población genera limitaciones en términos de generalización de los hallazgos a otras poblaciones de estudiantes o a distintos contextos educativos. Según la teoría de la representatividad de la

muestra, la generalización de los resultados a poblaciones más amplias se ve comprometida cuando la muestra no refleja adecuadamente la diversidad y características de la población objetivo (Ary et al., 1989). Por lo tanto, se sugiere considerar futuras investigaciones con muestras más diversas para obtener una visión más representativa de los efectos de la intervención con el *software* de simulación *ChemSketch* en el desarrollo de habilidades visoespaciales en diferentes contextos educativos.

Se espera que esta investigación proporcione referencias valiosas para futuras investigaciones, así como los resultados que son un aporte significativo al campo educativo. Al respecto, debería abrirse un camino para seguir explorando el potencial del software de simulación *ChemSketch* en los procesos de enseñanza y aprendizaje, y su impacto en el desarrollo de habilidades y conocimientos en el campo de la Química y también, por qué no, de otras áreas del conocimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araujo, N. (2024). Aproximación teórica sobre concepciones, creencias y representaciones sociales acerca de la enseñanza de la química. *Revista Dialéctica*, 24, 1707-1736. <https://doi.org/10.56219/dialctica.v2i24.3498>
- Ary, D., Jacobs, L., & Razavieh, A. (1989). *Introducción a la investigación pedagógica*. McGraw-Hill.
- Becerril, F., & Chávez, L. (2015). *Chemskech para aprender Química Orgánica*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Bizzio, M., Guirado, A., & Maturano, C. (2024). Uso de simulaciones científicas interactivas para fortalecer la formación inicial de docentes de Química. *Revista Educación*, 48(1), 1-20. <https://doi.org/10.15517/revedu.v48i1.56052>
- Cadavid, V., & Tamayo, O. (2013). Metacognición en la enseñanza y en el aprendizaje de conceptos en química orgánica. *Revista Electrónica*, 7, 47-57. <https://die.udistrital.edu.co/revistas/index.php/educyt/article/view/216>
- Castillo, A., Ramírez, M., & Ferrer, R. (2017). Aula virtual como estrategia para el aprendizaje de la Química Orgánica. *Educ@ción en Contexto*, 3(5), 95-112. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6296651>
- Campos, A., Lignan, L., González, Y., Medina, A., & González, C. (2000). *Actitudes de los docentes hacia la computadora y los medios para el aprendizaje: Reporte de resultados generales 1999*. Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa (ILCE), Unidad de Investigación y Modelos Educativos.
- Cortés, F., Krapp, L., Dal, M., & Abriata, L. (2022). Visualization, Interactive Handling and Simulation of Molecules in Commodity Augmented Reality in Web Browsers Using moleculeARweb's Virtual Modeling Kits. *Chimia*, 76, 145-150. <http://doi.org/10.2533/chimia.2022.145>

- Chonillo, L. (2024). Chemsketch: Un recurso didáctico para el aprendizaje de Química Orgánica en estudiantes de Bachillerato. *Revista Uniandes Episteme*, 11(3), 426-440. <https://doi.org/10.61154/rue.v11i3.3562>
- Fensham, P. (2002). Implications, large and small, from chemical education research for the teaching of chemistry. *Química Nova*, 25(2), 335-339. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422002000200024>
- Flamini, L., & Wainmaier, C. (2012, 26-28 de septiembre). *Representaciones moleculares: Reflexiones sobre su enseñanza*. En *III jornadas de enseñanza e investigación educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*, La Plata, Argentina. http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.3671/ev.3671.pdf
- Gilbert, J. (2005). Visualization: A metacognitive skill in Science and Science Education. En J. Gilbert (Ed.), *Models and Modeling in Science Education* (pp. 9-27). Springer. https://doi.org/10.1007/1-4020-3613-2_2
- Guillen Valle, O., Cerna Ventura, B., Gondo Minami, R., Suarez Reyes, F., & Martínez López, E. (2019). *Guía práctica de SPSS para diseños paramétricos y no paramétricos*. Universidad del Pacífico. http://cliic.org/2020/Taller-Normas-APA-2020/Guia-Estadistica-PACIFICO_c.pdf
- Harle, M., & Towns, M. (2010). A Review of Spatial Ability Literature, Its Connection to Chemistry, and Implications for Instruction. *Journal of Chemical Education*, 88(3), 351-360. <https://doi.org/10.1021/ed900003n>
- Iglesias, G., Rota, R., & Chemes, L. (2013). *Tutorial ChemSketch 2013*. [Material educativo en línea no publicado]. <https://es.scribd.com/document/221200862/Tutorial-Chemsketch-2013>
- Johnson, D. (s.f.). *Symmetry tutorial introduction*. [Tutorial en línea]. Symmetry@Otterbein, Otterbein University. Recuperado el 8 de enero de 2026, de <https://symotter.org/tutorial>
- Loureiro, A. (2017). *ChemSketch no Ensino de Química*. Novas Edições Acadêmicas. Saarbrücken.
- Marcano, K. (2020). Estrategias didácticas para la enseñanza y aprendizaje de "Los elementos químicos y su información en la tabla periódica". *Revista Educación Las Américas*, 10, 84-105. <https://doi.org/10.35811/rea.v10i0.96>
- MINEDUC (s.f.). *Curso ciencias naturales 2º medio: eje química. Actividades sugeridas. Aprendo en línea*. Ministerio de Educación de Chile. Recuperado el 8 de enero de 2026, de <https://www.curriculumnacional.cl/docentes/Educacion-General/Ciencias-Naturales-2-medio/Ciencias-Naturales-2-Medio-Eje-Quimica/>
- Ortega, G., Alegret, M., Espinosa, A., Ibarria, M., Cañabate, P., & Boada, M. (2014). Valoración de las funciones viso-perceptivas y visoespaciales en

la práctica forense. *Revista Española de Medicina Legal*, 40(2), 83-85.
<https://doi.org/10.1016/j.reml.2013.11.003>

Pineda, D., Torres, N., & Vargas, E. (2019). Desarrollo de habilidades visoespaciales: un reto para la enseñanza de química orgánica. En *V Congreso Internacional de Investigación y Pedagogía*. RiUPTC Repositorio Institucional UPTC. <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/5141>

Pribyl, J., & Bodner, G. (1987). Spatial ability and its role in organic chemistry: a study of four organic courses. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(3), 229-240. <https://doi.org/10.1002/tea.3660240304>

Tuckey, H. (1989). *Testing and improving students' understanding of three-dimensional representations in chemistry*. [Tesis de maestría, Universidad of the Witwatersrand].

Ramírez, J. (2022). *Propuesta didáctica para el mejoramiento de la enseñanza de grupos funcionales en química orgánica del grado once por medio del simulador ChemSketch* [Tesis de grado, Universidad de Santander].

Rodríguez, Y., Obaya, A. E., & Vargas Rodríguez, Y. (2021). ICT: Didactic Strategy using Online Simulators for the Teaching Learning of the Law of Conservation of Matter and its Relationship to Chemical Reactions in Higher Middle Education. *International Journal of Educational Technology and Learning*, 10(2), 56-67. <https://doi.org/10.20448/2003.102.56.67>

Wu, H., & Shah, P. (2004). Explorando el pensamiento visoespacial en el aprendizaje de química. *Science Education*, 88, 465-492. <https://doi.org/10.1002/sce.10126>

Investigación en didáctica de la Química

LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA: APORTES DE DOS TESIS DE POSGRADO

Andrea S. Ciriaco¹, Germán Hugo Sánchez²

1- Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Argentina.

2- Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, Departamento de Química General e Inorgánica. Argentina.

E-mail: andrea.ciriaco14@gmail.com, g Sanchez@fbcn.unl.edu.ar

Recibido: 10/12/2025. Aceptado: 28/12/2025.

ARK CAICYT: <https://id.caicyt.gov.ar/ark:/s23449683/gaa8cuebi>

Resumen. En este artículo se presentan dos tesis en didáctica de la química centradas en actividades prácticas y experimentales desarrolladas en dos contextos educativos diferentes. La primera, se trata de una investigación situada en el nivel secundario técnico que analizó los materiales didácticos de Química Ambiental, caracterizando el grado de problematización de las actividades, las prácticas científicas promovidas y su vinculación con incumbencias profesionales mediante análisis documental, lista de cotejo y herramientas específicas (anillo de benceno y matriz de Brandon). La segunda, expone, una investigación que examinó clases prácticas de Química Inorgánica de primer año de universidad, reconstruyendo el conocimiento didáctico del contenido del profesorado (declarado y en acción) a partir de instrumentos ReCo, observaciones y análisis del discurso, e incorporando la noción de coreografía del laboratorio para describir la organización de roles e interacciones. Finalmente, se señalaron aportes para comprender mediaciones didácticas en el laboratorio.

Palabras clave: actividades prácticas; materiales didácticos; coreografía del laboratorio; CDC; química ambiental.

Laboratory Practices in Chemistry Teaching: Contributions from Two Graduate Theses

Abstract. This article presents two theses in chemistry education focused on practical and experimental activities developed in two different educational contexts. The first study is situated in technical secondary education and analyzes didactic materials for Environmental Chemistry. It characterizes the degree of problematization of the activities, the scientific practices promoted, and their links to professional incumbencies, through documentary analysis, checklists, and specific analytical tools (the benzene ring and Brandon's matrix). The second study examines practical classes of first-year university Inorganic Chemistry, reconstructing teachers' pedagogical content knowledge (both declared and enacted) using ReCo instruments, classroom observations, and discourse analysis. It also incorporates the notion of laboratory choreography to describe the organization of roles and interactions. Finally, contributions are identified to support a better understanding of didactic mediations in laboratory settings.

Keywords: practical activities; instructional materials; laboratory choreography; PCK; environmental chemistry



Práticas de Laboratório no Ensino de Química: Contribuições de Duas Teses de Pós-Graduação

Resumo. Este artigo apresenta duas teses em didática da Química centradas em atividades práticas e experimentais desenvolvidas em dois contextos educacionais distintos. A primeira refere-se a uma pesquisa situada no ensino médio técnico, que analisou materiais didáticos de Química Ambiental, caracterizando o grau de problematização das atividades, as práticas científicas promovidas e sua articulação com incumbências profissionais, por meio de análise documental, listas de verificação e ferramentas específicas (anel do benzeno e matriz de Brandon). A segunda expõe uma investigação que examinou aulas práticas de Química Inorgânica do primeiro ano universitário, reconstruindo o conhecimento pedagógico do conteúdo do professorado (declarado e em ação) a partir de instrumentos ReCo, observações e análise do discurso, incorporando a noção de coreografia do laboratório para descrever a organização de papéis e interações. Por fim, são apontadas contribuições para a compreensão das mediações didáticas no laboratório.

Palavras-chave: atividades práticas; materiais didáticos; coreografia do laboratório; CDC; química ambiental

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la enseñanza se desarrolla en un escenario atravesado por transformaciones sociales aceleradas, incertidumbre creciente y una población estudiantil cada vez más heterogénea. A ello se suman tensiones vinculadas con los diseños curriculares y con la preparación pedagógica del profesorado, que en muchos casos resulta escasa para afrontar los desafíos actuales (Lorenzo, 2017). En este marco, las interacciones entre docentes, estudiantes y saberes adquieren un carácter complejo, multidimensional y situado, condicionado por factores institucionales, curriculares y materiales. Por este motivo, la transferencia de resultados de investigación en didáctica a la práctica educativa no se produce de manera lineal y suele encontrar resistencias (Vázquez et al., 2007).

Las actividades prácticas, y en particular las que se desarrollan en el laboratorio, conforman uno de los elementos centrales en la enseñanza de la química (Johnstone y Al-Shuaile, 2001), estas presentan la potencialidad de articular conceptos, prácticas y aspectos vinculados con la naturaleza de la construcción del conocimiento científico. Sin embargo, a pesar de estas ventajas, las propuestas prácticas suelen concebirse como una mera aplicación de la teoría, lo que refuerza la idea de que los contenidos conceptuales resultan más relevantes que los procedimentales (Pozo, 2023).

En este sentido, diversos estudios señalan que, aun cuando los docentes reconocen que el aprendizaje de los procedimientos científicos se logra fundamentalmente a través de la práctica, manifiestan mayor confianza en su capacidad para enseñar contenidos teóricos que para enseñar habilidades procedimentales (Petermann, Vorholzer y von Aufsch奈iter, 2025), lo que impacta tanto en el diseño de las propuestas experimentales como en las formas en que estas se desarrollan en el aula y en el laboratorio.

El presente artículo tiene por objetivo dar a conocer dos tesis desarrolladas en el marco de distintos programas de posgrado de dos universidades públicas argentinas, ambas vinculadas al campo de la didáctica de las ciencias y, en particular, a la enseñanza de la química. En este trabajo se expone un resumen de cada una de ellas. Si bien las investigaciones se desarrollaron en contextos educativos y disciplinas específicas, ambas constituyen aportes

relevantes para la didáctica de las ciencias y para la formación docente, en tanto permiten caracterizar y comprender distintas dimensiones de las prácticas de laboratorio en la enseñanza de la química.

Por un lado, se exponen los principales resultados de una investigación centrada en la planificación docente y en las actividades prácticas y experimentales propuestas a los estudiantes en materiales didácticos de Química Ambiental en el nivel secundario técnico, atendiendo a su grado de problematización, a las prácticas científicas que promueven y a su vinculación con las incumbencias profesionales. Por otro, se sintetizan los aportes de un estudio enfocado en lo que sucede en el laboratorio universitario de Química Inorgánica de primer año, en distintas carreras vinculadas a la salud y al ambiente, a partir del análisis de la práctica docente en acción y de la reconstrucción del conocimiento didáctico del contenido del profesorado, considerando el discurso y las interacciones que se producen en el aula.

En suma, la tesis de Ciriaco (2025) permite evidenciar el lugar estratégico que tienen los materiales didácticos para habilitar prácticas científicas más ricas y pertinentes en la formación técnica, especialmente cuando se busca articular contenidos con incumbencias profesionales. La tesis de Sánchez (2025), por su parte, permite comprender cómo ese horizonte formativo se negocia y se concreta (o se reduce) en las dinámicas de los laboratorios universitarios, atravesadas por tradiciones, jerarquías y condiciones materiales. En espejo, ambas tesis aportan herramientas para discutir cómo mejorar la educación científico-tecnológica en distintos niveles educativos y qué transformaciones didácticas serían necesarias para que las prácticas de laboratorio no se agoten en una lógica meramente verificacional.

Tesis de Maestría: Análisis de actividades prácticas en los materiales didácticos de Química ambiental de una escuela secundaria técnica

Magister: Bioq. Andrea Ciriaco; **Directora:** Dra. María Gabriela Lorenzo

Programa: Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Maestría en Educación en Ciencias Experimentales y Tecnología

Este trabajo de investigación analizó la enseñanza de Química Ambiental en el 7mo año de la Tecnicatura en Energías Renovables del Colegio Universitario Patagónico, dependiente de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, en su sede Comodoro Rivadavia, Chubut, Argentina. Su objetivo general fue establecer las relaciones entre las actividades propuestas a los estudiantes por medio de los materiales didácticos de la asignatura y las incumbencias profesionales de los técnicos, en particular en lo referido a las habilidades de investigación y de laboratorio. De este modo, el estudio se ubicó en un área de vacancia entre la didáctica de la química y la educación media de orientación técnico-profesional.

Teniendo en cuenta los desafíos contemporáneos de la educación científica, se vuelve necesario equilibrar objetivos diversos: por un lado, promover la comprensión de ideas científicas centrales y, por otro, desarrollar habilidades

para participar en prácticas científicas. En esta línea, se sostiene que la formación escolar debería estimular la reflexión crítica sobre la naturaleza del conocimiento científico, preparando individuos capaces de tomar decisiones fundamentadas y de participar en acciones vinculadas con la sostenibilidad (Talanquer, 2024).

Desde el punto de vista disciplinar, la química puede abordarse según distintos enfoques; uno de ellos corresponde al de la química ambiental, orientada a identificar y comprender procesos y reacciones químicas que se producen en los ecosistemas. Se trata de una rama relativamente reciente, cuya consolidación comenzó alrededor de 1970, donde resultó clave en un contexto para el desarrollo de tecnologías destinadas al tratamiento y disposición de residuos industriales. Asimismo, ha sido reconocida como un ejemplo relevante de la interdisciplinariedad de la química (Mozeto y Jardim, 2002).

En este sentido, la interdisciplinariedad favorece una comprensión más profunda y contextualizada del conocimiento, en tanto puede estimular la creatividad, la reflexión crítica y la resolución de problemas reales (Arévalo Parrales et al., 2025). A partir de estas consideraciones, resultó pertinente analizar las propuestas didácticas y las actividades del espacio curricular Química Ambiental, con el propósito de reconocer los enfoques que orientan su enseñanza e identificar oportunidades de mejora en la formación científica y de laboratorio de los futuros técnicos en energías renovables.

La metodología adoptada se enmarcó en el paradigma interpretativo permitiendo una comprensión profunda y situada del fenómeno educativo investigado, destacando sus significados, dinámicas y particularidades. Se trabajó con un diseño de caso único y se utilizaron documentos como registros centrales. Para el análisis se utilizaron herramientas de análisis documental y de contenido, junto a una lista de cotejo y dos instrumentos específicos: la heurística “anillo de benceno” propuesta por Erduran y Dagher (2014) y la “matriz de Brandon” (Brandon, 1994). En términos operativos, primero se revisaron documentos curriculares y normativos para identificar habilidades requeridas por los técnicos en energías renovables; luego, se describieron y analizaron las actividades de lápiz y papel presentes en los materiales didácticos; y finalmente, se examinaron los protocolos de actividades experimentales desde múltiples perspectivas. Por último, los resultados de estas etapas se integraron y contrastaron de manera convergente, identificando patrones y coincidencias entre incumbencias profesionales y propuestas del espacio curricular.

En términos generales, los resultados de esta tesis permitieron jerarquizar el lugar de las habilidades de investigación y de laboratorio en la formación de los técnicos en energías renovables e identificar aspectos necesarios a ser abordados en su formación. El análisis de los documentos puso en relieve un aspecto importante del campo laboral la investigación que se mantiene relegado frente a los otros, como la gestión, el mantenimiento o instalación de los sistemas de energía que ocupan mucho más espacio en las normativas. Evidenciar y poner en valor la posibilidad laboral en laboratorios de investigación podría colaborar con la elección de trayectos formativos en el área de química posteriores a la graduación. Esta premisa permite pensar la

enseñanza de la Química ambiental como una base importante para el desarrollo de habilidades científicas aplicables al ámbito profesional sin reducirla a un espacio de promoción de contenidos disciplinarios.

Una primera lectura de los materiales didácticos del espacio curricular mostró que una alta proporción corresponde a material elaborado o compaginado por el docente. La intervención se evidencia en el diseño de estas actividades reflejándose en la organización general, la selección de contenidos y recursos incorporados. Estos materiales ponen en evidencia el trabajo de mediación realizado por el docente entre el contenido y el estudiante. Sobre 18 materiales didácticos se encontraron cinco con contenido específico del área curricular mientras que los restantes respondieron a contenido de Química General e Inorgánica. También dentro de este universo se contabilizaron cuatro materiales bibliográficos de nivel universitario. Con respecto a las actividades se contabilizaron un total de 107 acciones a realizar por los estudiantes que se analizaron posteriormente.

El uso de textos universitarios podría deberse a la proximidad de un posible ingreso de los estudiantes al nivel superior, y que estas lecturas funcionen como una manera de acercar ambos niveles educativos. Pero es necesario tener en cuenta las limitaciones o riesgos que podrían generarse con el uso de textos de alto nivel de complejidad, como la sobrecarga de lenguaje específico, que podría derivar en desinterés por la lectura si no es acompañado con estrategias de acompañamiento docente. Con respecto a los contenidos el resultado podría interpretarse nuevamente como una preocupación por la preparación propedéutica de los estudiantes. Aunque esta situación limita la posibilidad de relacionar lo aprendido en el trayecto formativo escolar con los problemas ambientales que debería abordar un técnico en energías renovables.

La identificación por medio de la lista de cotejo de características que complejizan las actividades otorgándoles un perfil problemático resultó baja. El grado de problematización de las actividades escolares señala un conjunto de actividades con características mínimas de problematización por lo que se las identifica como ejercicios. El predominio de actividades tipo ejercicio y la baja frecuencia de indicadores de problematización sugiere que el curso de Química Ambiental podría estar desaprovechando espacios para que los estudiantes desarrollen habilidades como el análisis crítico, la síntesis, la evaluación y la resolución de problemas complejos.

Sólo el 5% de las actividades incluyó trabajo experimental, aunque este tipo de actividades aportan una dimensión práctica y de indagación, su baja proporción no compensa el predominio de los ejercicios. Esto indicaría que la experiencia de aprendizaje podría estar más centrada en la reproducción de procedimientos que en la producción o construcción de conocimiento a través de la exploración y la resolución de desafíos auténticos. Las actividades analizadas sostuvieron una concepción reducida del trabajo experimental centrada exclusivamente en la verificación de teorías a partir de razonamientos deductivos por lo que se limita la potencialidad de las actividades experimentales para aportar significado y aplicabilidad a los contenidos conceptuales desatendiendo la reflexión, el análisis y la toma de decisiones, habilidades clave en la formación científica de los estudiantes. Los

resultados del análisis revelaron una distancia entre los fundamentos teóricos que proponen una enseñanza experimental situada, reflexiva y crítica y las características de las actividades experimentales analizadas.

La aplicación de la herramienta de análisis *anillo de benceno* (Figura 1) para prácticas científicas sobre los protocolos de las actividades experimentales permitió poner en evidencia la ausencia de la práctica “Predicciones”. La capacidad de formular predicciones es fundamental en el proceso científico, ya que guía la experimentación y el análisis de resultados. Su ausencia sugiere que las actividades no promueven la anticipación de resultados o la formulación de hipótesis, aunque no se puede descartar que las predicciones se manejen en otro contexto no cubierto por estas actividades experimentales.

Acerca de las metodologías científicas de las actividades utilizando como herramienta de análisis la matriz de Brandon (Figura 1), la caracterización reveló que las cinco actividades experimentales correspondieron a la metodología de “Toma de datos manipulativa” indicando que el foco principal estuvo en la recolección de datos a través de la manipulación de variables o materiales. Esta orientación metodológica evidenció un enfoque confirmatorio, centrado en la verificación de conceptos teóricos previamente establecidos, sin que se observe la formulación explícita de preguntas de investigación ni hipótesis iniciales.



Figura 1. Herramientas heurísticas: Anillo de Benceno (izquierda) y Matriz de Brandon (derecha) (Elaboración propia)

Este hallazgo se vincula con una concepción tradicional del método científico, aún vigente en muchos contextos escolares, que lo presenta como una secuencia fija de pasos. Esta representación, ampliamente difundida ha sido duramente cuestionada por su simplificación e inexactitud epistemológica, al omitir la diversidad de metodologías que en realidad caracterizan la práctica científica.

Por último, se encontró que las actividades prácticas del curso se vincularon con las incumbencias profesionales en investigación y laboratorio del técnico en energías renovables en tanto promueven habilidades técnicas básicas. Sin embargo, esta relación fue limitada, ya que no desarrollaron de forma sistemática las habilidades y prácticas científicas necesarias para intervenir críticamente en problemáticas reales del sector, como el análisis, la innovación y la toma de decisiones.

En conjunto, los resultados evidenciaron tanto los límites como las posibilidades de transformación de la enseñanza de la química en contextos técnicos. En particular, el estudio pone en primer plano el carácter estratégico del diseño de actividades y protocolos como mediación entre currículum, formación técnico-profesional y participación en prácticas científicas escolarizadas. En este sentido, replantear las propuestas didácticas desde una mirada situada y con un compromiso formativo integral aparece como un camino necesario para responder a los desafíos sociales y ambientales contemporáneos, avanzando hacia experiencias más integradoras, abiertas y contextualizadas.

Tesis: La construcción del conocimiento científico en el nivel superior en clases prácticas y experimentales

Doctorando: Lic. Germán Hugo Sánchez; **Directora:** Dra. María Gabriela Lorenzo, **Co-director:** Dr. Héctor Santiago Odetti

Programa: Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas / Facultad de Humanidades y Ciencias, Doctorado en Educación en Ciencias Experimentales

Esta investigación se centró en comprender cómo se enseña y cómo se construye conocimiento químico en clases prácticas y experimentales en el nivel universitario, particularmente en la asignatura de Química Inorgánica (QI) de primer año de carreras vinculadas a la salud y al ambiente de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Litoral. Se orientó el estudio para poder reconstruir el saber profesional que organiza la enseñanza experimental en condiciones reales: qué decisiones didácticas se toman, cómo se distribuyen roles en los equipos docentes, qué lugar ocupan los resultados de la práctica, cómo se articulan teoría y práctica, y de qué manera se adapta la enseñanza cuando cambian drásticamente las condiciones (como ocurrió durante la pandemia).

Se adoptó el Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) como marco teórico central para analizar la enseñanza de diferentes temas de la QI en el laboratorio, atendiendo tanto a su dimensión personal como colectiva y a su carácter contextual y dinámico (Shulman, 1986; Gess-Newsome, 2015; Carlson & Daehler, 2019). Desde esta perspectiva, el CDC permitió enfocar el conocimiento declarado por docentes y el CDC en acción, es decir, aquello que efectivamente se pone en juego al momento del desarrollo de las clases. A su vez, se consideró que la enseñanza de la química en el laboratorio implica poner en juego distintos niveles de representación (lo observable, lo modelizado y lo simbólico) cuya articulación resulta clave para interpretar el tipo de conocimiento que circula en las prácticas experimentales (Johnstone, 1982).

La tesis se organizó en tres estudios articulados. En primer lugar, se reconstruyó el laboratorio como forma histórica y como práctica institucional contemporánea. En segundo lugar, se documentó el CDC de un equipo docente universitario, combinando declaraciones y observaciones.

Finalmente, se analizó en profundidad el caso de un docente experto, comparando su enseñanza en la presencialidad, así como también durante la pandemia, donde no se pudo acceder al laboratorio.

El análisis histórico-documental permitió ubicar la configuración del laboratorio de química dentro de procesos más amplios de institucionalización de la ciencia y de escolarización del conocimiento, identificando continuidades en sus fines y estructuras que han perdurado en el tiempo. Por otra parte, el estudio situado de un laboratorio universitario de QI mostró que las actividades experimentales estaban organizadas en torno a resultados esperables y la intervención docente se orientaba al control del procedimiento para poder obtener el dato considerado correcto.

A partir del análisis de respuestas docentes a un instrumento de documentación del CDC (ReCo), se documentó un perfil colectivo heterogéneo, tanto en trayectorias como en jerarquías y se encontró una predominancia de una mirada sobre el laboratorio centrada en la ejecución técnica, el uso correcto de instrumental y la validación teórica de resultados. En el plano evaluativo, se observaron referencias generales a instancias orales o escritas y resultó especialmente significativa la ausencia del informe de laboratorio como dispositivo de enseñanza y evaluación. La incorporación de docentes nôveles apareció asociada a modalidades de transmisión del oficio basadas en la experiencia y la imitación, coherentes con descripciones sobre la enseñanza universitaria como aprendizaje artesanal del rol docente cuando la formación pedagógica es escasa (Lorenzo, 2017).

La observación comparativa de clases dictadas por docentes con diferentes jerarquías permitió contrastar el CDC declarado con el CDC en acción. Los resultados mostraron que la enseñanza en el laboratorio se constituye como una práctica compartida y asimétrica, en donde la planificación y la conducción global se concentran en niveles superiores, mientras que el acompañamiento directo del trabajo experimental está centrado principalmente en niveles intermedios y nôveles. Esta organización no solo distribuye tareas, sino que ordena la participación y condiciona el tipo de decisiones didácticas puede tomar cada perfil. En particular, estas prácticas modelan la manera en que se aprende a enseñar en el laboratorio.

En este marco, se propuso la noción de coreografía del laboratorio para describir una secuencia de acciones, interacciones y normas implícitas que ordenan las clases prácticas: quién introduce la tarea, quién regula la progresión, quién supervisa, quién responde dudas en las mesadas, qué tipo de preguntas circulan y cuáles quedan ausentes. Esta metáfora se articula con la idea de coreografía didáctica como disposición intencional de acciones, interacciones y recursos que estructuran la experiencia de enseñanza y aprendizaje (Zabalza Beraza & Zabalza Cerdeiriña, 2019).

El estudio de caso permitió documentar en profundidad el CDC en acción de un docente universitario experto, mostrando un patrón de enseñanza estable: insistencia en procedimientos correctos, observación rigurosa de fenómenos y construcción de explicaciones apoyadas en modelos teóricos y lenguaje químico, articulando los distintos niveles de representación de la química (Sánchez et al., 2021). Se lograron documentar las secuencias explicativas y

las preguntas guía que el docente orientaba para poder vincular lo observable con lo modelizado a través de lo simbólico, lo que puede interpretarse como un despliegue robusto de dimensiones del CDC asociadas a guiar el razonamiento y promover la comprensión conceptual en contexto experimental (Bond-Robinson, 2005).

Durante la pandemia, al perderse la manipulación directa, el lenguaje y los recursos audiovisuales fueron centrales. El docente, a través de la explicitación paso a paso de procedimientos, enriqueció la narración con cálculos y criterios de resolución. En conjunto, el caso ilustró que la experticia docente en el laboratorio combinó estabilidad conceptual y se logró documentar la flexibilidad del CDC ante nuevas restricciones contextuales.

En conjunto, los resultados permitieron caracterizar la enseñanza del laboratorio universitario de QI como una práctica sedimentada, estructurada y compleja, donde el CDC se construye en interacción con jerarquías, tradiciones y condiciones institucionales. Además, la investigación aportó una contribución específica al proponer la coreografía del laboratorio como noción analítica para describir cómo se organiza y se transmite el saber didáctico en equipos docentes universitarios. Es necesario entonces construir espacios sistemáticos de formación pedagógica universitaria que permitan explicitar, analizar y reorientar estas rutinas implícitas procurando generar propuestas experimentales reflexivas.

A MODO DE CIERRE

En este artículo se compilaron dos recorridos de investigación desarrollados en contextos educativos diferentes, pero vinculados por una preocupación común: comprender qué lugar ocupan las actividades prácticas en la enseñanza de la química. La primera se situó en el nivel secundario técnico y permitió analizar, a través de los materiales didácticos, cómo se configuran las propuestas de trabajo y qué prácticas científicas promueven en relación con la formación profesional. Mientras que la segunda, se centró en el laboratorio universitario de Química Inorgánica y aportó una mirada sobre la enseñanza en acción, atendiendo a la organización de la clase, a las interacciones y al conocimiento didáctico que orienta la toma de decisiones docentes.

Si bien sendos trabajos ponen su atención en distintos niveles educativos y distintas ramas de la Química, ambos muestran momentos clave de formación científico-profesional a partir de considerar a la práctica experimental como mediación didáctica.

Aunque en ambos casos pueden reconocerse restricciones para el desarrollo de prácticas auténticas, entre los resultados se destacan la coincidencia en una concepción reducida del trabajo experimental y la importancia de la complementariedad entre lo prescripto y lo enactuado.

Asimismo, el rol docente resulta clave en la configuración de la experiencia, lo que refuerza la necesidad de fortalecer la formación didáctica para ampliar las posibilidades de transformación didáctica.

Ambas investigaciones muestran que lo que sucede en los laboratorios no solo depende de los contenidos a enseñar, sino también de cómo se diseñan y se implementan las actividades, cuáles son los roles que se habilitan para docentes y estudiantes, y qué tipo de criterios orientan el trabajo experimental. Así, aun abordando dimensiones diferentes, los aportes teóricos situados de los dos estudios resultan transferibles a otros contextos brindando elementos útiles para seguir pensando cómo fortalecer la enseñanza en las aulas de química y en la formación de sus docentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arévalo Parrales, J., Zurita Mantilla, E., Chiliquinga Analuisa, R., García Sangachi, Y., & Sarango Valdés, P. (2025). Interdisciplinariedad y su Impacto en el Desarrollo del Pensamiento Crítico. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria*, 9(2), 8198–8213. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2.17541
- Bond-Robinson, J. (2005). Identifying pedagogical content knowledge (PCK) in the chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 6(2), 83–103. <https://doi.org/10.1039/B5RP90003D>
- Brandon, R. (1994). Theory and experiment in evolutionary biology. *Synthese*, 99, 59–73.
- Carlson, J., & Daehler, K. R. (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. En A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_2
- Ciriaco, A. S. (2025). *Análisis de actividades prácticas en los materiales didácticos de Química ambiental de una escuela secundaria técnica* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Córdoba.
- Erduran, S., & Dagher, Z. (2014). Scientific Practices. En S. Erduran & Z. Dagher (Aut.), *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education* (Cap. 4, pp. 67–89). Springer.
- Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK summit. En A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran (Eds.), *Re-examining pedagogical content knowledge in science education* (pp. 28–42). Routledge Press. <https://doi.org/10.4324/9781315735665>
- Johnstone, A. H. (1982). Macro- and micro-chemistry. *School Science Review*, 64, 377–379.
- Johnstone, A. H., & Al-Shuaili, A. (2001). Learning in the laboratory; some thoughts from the literature. *University Chemistry Education*, 5, 42–51. <https://rsc.li/2YmlKb2>
- Lorenzo, M. G. (2017). Enseñar y aprender ciencias y sobre las ciencias en la universidad. Nuevos escenarios para la interacción entre docentes y estudiantes. *Educación y Educadores*, 20(2), 249–263.

<https://educacionyeducadores.unisabana.edu.co/index.php/eye/article/view/6866>

- Mozeto, A., & Jardim, W. (2002). A química ambiental no Brasil. *Química Nova*, 25(1), 7–11. <https://quimicanova.sbj.org.br/default.asp?ed=207>
- Petermann, V., Vorholzer, A., & von Aufschnaiter, C. (2025). Science teachers' beliefs about teaching and learning related to content and procedural goals. *Journal of Research in Science Teaching*, 62, 1388–1413. <https://doi.org/10.1002/tea.22003>
- Pozo, J. I. (2023). Nuevas formas de aprender para la sociedad del conocimiento. *Encuentros Multidisciplinares*, 74, 1–23. <http://www.encuentros-multidisciplinares.org/revista-74/j-ignacio-del-pozo-lecc-inag-.pdf>
- Sánchez, G. H. (2025). *La construcción del conocimiento científico en el nivel superior en clases prácticas y experimentales* (Tesis doctoral). Universidad Nacional del Litoral.
- <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/handle/11185/8663>
- Sánchez, G. H., Quintero, T., & Lorenzo, M. G. (2021). Características de las explicaciones docentes en clases universitarias de química. *Educación Química*, 32(2), 109–119. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.2.76992>
- Shulman, L. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4–14. Traducido al español como: Shulman, L. S. (2019). Aquellos que entienden: desarrollo del conocimiento en la enseñanza. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 23(3), 269–295. <https://doi.org/10.30827/profesorado.v23i3.11230>
- Talanquer, V. (2024). An Overview of Science Education in Latin America. En A. Marzabal & C. Merino (Eds.), *Rethinking Science Education in Latin-America: Contemporary Trends and Issues. Science Education*, 59. https://doi.org/10.1007/978-3-031-52830-9_1
- Vázquez, B., Jiménez, R., & Mellado, V. (2007). El desarrollo profesional del profesorado como integración de la reflexión y la práctica. La hipótesis de la complejidad. *Revista Eureka. Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*, 4(3), 372–393. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3783>
- Zabalza Beraza, M. A., & Zabalza Cerdeiriña, M. A. (2019). Coreografías didácticas institucionales y calidad de la enseñanza. *Linhos Críticas*, 25, e24586. <https://doi.org/10.26512/lc.v25.2019.24586>

Innovación para la enseñanza de la Química

APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS EN EL CONTEXTO DEL ANÁLISIS DE ALIMENTOS: PROPUESTA DE UNA SECUENCIA DIDÁCTICA

Joseline Hernández-Cázares¹, Ibrahim Guillermo Castro-Torres²

1- Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, Programa de Maestría en Docencia de la Educación Media Superior (MADEMS). México.

2- Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades, plantel Sur. México.

E-mail: ibrahim.castro@cch.unam.mx

Recibido: 05/11/2025 Aceptado: 27/12/2025.

ARK CAICYT: <https://id.caicyt.gov.ar/ark:/s23449683/shrrj4yke>

Resumen. En esta secuencia didáctica se aplicó el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en el análisis de alimentos, abordando el estudio de macronutrientes desde una perspectiva técnica y ética. Participaron 25 estudiantes de Química, organizados en cinco equipos que trabajaron durante tres sesiones presenciales. El alumnado resolvió un escenario ABP analizando una tabla nutrimental ficticia mediante ensayos bioquímicos y técnicas analíticas, construyendo tablas y aplicando fórmulas para interpretar los resultados. Se siguieron las fases del ABP de Boud: interpretación, definición, investigación y solución. En cada fase se registraron conductas y resultados que evidenciaron habilidades cognitivas como análisis de datos, evaluación de resultados y autorregulación. Los aprendizajes incluyeron la identificación y cuantificación de macronutrientes, la aplicación de metodologías analíticas y reflexiones éticas sobre la fiabilidad de los datos. Al finalizar, el alumnado comprendió la relación entre los análisis químicos y la elaboración de tablas nutrimentales confiables, reconociendo su impacto social.

Palabras clave: didáctica de la química, bachillerato, alimentos, aprendizaje basado en problemas, bioquímica

Problem-based learning in the context of food analysis: Proposal for a didactic sequence

Abstract. In this didactic sequence, Problem-Based Learning (PBL) was applied to food analysis, addressing the study of macronutrients from both technical and ethical perspectives. Twenty-five Chemistry students participated, organized into five teams that worked during three in-person sessions. The students solved a PBL scenario by analyzing a fictitious nutritional table using biochemical assays and analytical techniques, constructing tables and applying formulas to interpret the results. Boud's PBL phases were followed: interpretation, definition, investigation, and solution. In each phase, behaviors and outcomes were recorded, evidencing cognitive skills such as data analysis, result evaluation, and self-regulation. Learning outcomes included the identification and quantification of macronutrients, the application of analytical methodologies, and ethical reflections on data reliability. By the end, students understood the relationship between chemical analyses and the development of reliable nutritional tables, recognizing their social impact.

Keywords: chemistry education, high school, food, problem-based learning (PBL), biochemistry



Aprendizagem baseada em problemas no contexto da análise de alimentos: proposta de uma sequência didática

Resumo. Nesta sequência didática, aplicou-se a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) no contexto da análise de alimentos, abordando o estudo dos macronutrientes a partir de uma perspectiva técnica e ética. Participaram 25 estudantes de Química, organizados em cinco equipes, que trabalharam ao longo de três sessões presenciais. Os estudantes resolveram um cenário de ABP por meio da análise de uma tabela nutricional fictícia, utilizando ensaios bioquímicos e técnicas analíticas, construindo tabelas e aplicando fórmulas para interpretar os resultados. Foram seguidas as fases da ABP propostas por Boud: interpretação, definição, investigação e solução. Em cada fase, registraram-se comportamentos e resultados que evidenciaram habilidades cognitivas como análise de dados, avaliação de resultados e autorregulação. As aprendizagens incluíram a identificação e quantificação de macronutrientes, a aplicação de metodologias analíticas e reflexões éticas sobre a confiabilidade dos dados. Ao final, os estudantes compreenderam a relação entre as análises químicas e a elaboração de tabelas nutricionais confiáveis, reconhecendo seu impacto social.

Palavras-chave: didática da química, ensino médio, alimentos, aprendizagem baseada em problemas, bioquímica

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la química enfrenta el desafío de vincular los contenidos teóricos con situaciones reales que permitan al alumnado desarrollar competencias científicas y éticas. En este contexto, el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) se ha consolidado como una estrategia constructivista que promueve la comprensión profunda y el desarrollo de habilidades para la resolución de problemas complejos (Bodagh et al., 2017; Romero-Álvarez et al., 2008). Adaptar este enfoque a contextos reales representa una oportunidad para fomentar el pensamiento crítico, la autonomía y la aplicación práctica del conocimiento químico (Obaya et al., 2018).

El análisis de alimentos constituye un escenario idóneo para este propósito, pues integra saberes científicos con reflexiones éticas sobre la veracidad y confiabilidad de la información nutrimental, aspectos esenciales para la seguridad alimentaria (Ranbir et al., 2022; Desye et al., 2023). La transparencia y el compromiso con la calidad emergen como principios fundamentales en la formación del futuro profesorado y de los profesionales de la química.

En este marco, la enseñanza de la química basada en ABP no solo desarrolla habilidades analíticas, sino también una conciencia ética sobre el impacto social de los estudios nutrimentales (Lambert et al., 2018).

Diversos estudios en educación química han analizado el desarrollo de competencias científicas mediante contextos vinculados con la química de los alimentos. Investigaciones realizadas en nivel universitario señalan que el abordaje de problemáticas reales, como el análisis de macronutrientes, aditivos o contaminantes alimentarios, favorece la integración de conocimientos conceptuales, procedimentales y actitudinales, fortaleciendo la capacidad del estudiantado para interpretar datos, tomar decisiones fundamentadas y comunicar resultados de forma crítica (Obaya et al. 2011; Williams et al., 2020). Estos enfoques han demostrado un impacto positivo en la comprensión de la química aplicada y en la percepción de relevancia social de la disciplina. En niveles de bachillerato y educación secundaria, la incorporación de la química de los alimentos como contexto didáctico ha

mostrado ser eficaz para el desarrollo de competencias científicas básicas, tales como la formulación de hipótesis, el diseño experimental y la evaluación de información proveniente de etiquetas nutrimentales y fuentes comerciales (Acevedo-Díaz, 2004; Sadler et al., 2007). Asimismo, estos estudios destacan que el análisis crítico de alimentos cotidianos contribuye a una alfabetización científica orientada a la toma de decisiones responsables en la vida diaria, particularmente en temas relacionados con la salud y el consumo informado.

De manera transversal, la literatura coincide en que la enseñanza de la química en contextos alimentarios permite articular el aprendizaje de conceptos químicos con dimensiones éticas, sociales y ambientales, reforzando un enfoque por competencias alineado con los objetivos de la educación científica contemporánea (Bybee, 2013; Hodson, 2009). En este sentido, el uso del Aprendizaje Basado en Problemas aplicado al análisis químico de alimentos se presenta como una estrategia pertinente para formar estudiantes capaces de interpretar información nutrimental con rigor científico, conciencia ética y responsabilidad social.

El propósito general de esta secuencia didáctica es favorecer en el alumnado la comprensión técnica y ética del análisis químico de los alimentos mediante la aplicación del Aprendizaje Basado en Problemas, promoviendo el pensamiento crítico, la toma de decisiones responsable y la vinculación entre conocimiento científico y contexto social.

METODOLOGÍA

La secuencia didáctica se implementó en un grupo de 25 estudiantes, 10 mujeres y 15 hombres, quienes cursaron la asignatura de Química II del segundo semestre, del Plan de Estudios del Colegio de Ciencias y Humanidades, plantel Sur de la Universidad Nacional Autónoma de México. El alumnado fue dividido en 5 grupos de trabajo considerando la equidad de género. La implementación se desarrolló en 3 sesiones, dos de ellas de 120 minutos cada una y una tercera de 60 minutos. La secuencia didáctica se dividió en tres momentos de aprendizaje: inicio, desarrollo y cierre. En la fase de inicio se plantearon diferentes preguntas detonadoras de aprendizaje, en las fases de desarrollo y de cierre se siguieron las fases del ABP, considerando el esquema del pedagogo australiano J. David Boud (1993) (Figura 1).



Figura 1. Esquema del ABP seguido en la secuencia didáctica

En la Tabla 1 se muestran los propósitos de aprendizaje de la secuencia didáctica.

Tabla 1. Aprendizajes redactados de acuerdo con la Taxonomía de Bloom

El alumnado:

- Identifica los macronutrientes (carbohidratos, lípidos y proteínas) de las que están conformados los alimentos.
- Aplica las metodologías para identificar y cuantificar estos macronutrientes.
- Describe y analiza las metodologías empleadas.
- Relaciona el análisis de alimentos con la elaboración de una tabla nutrimental.
- Reflexiona sobre la importancia de la realización ética en el análisis en alimentos.

Las actividades de la secuencia didáctica se resumen en la Figura 2 y Figura 3.

FASE DE INICIO

1. Análisis del etiquetado de un alimento procesado
2. Resolución a preguntas detonadoras:
 - ¿Con qué frecuencia revisan la información nutrimental, la lista de ingredientes y el etiquetado frontal de los alimentos?
 - ¿Qué observan en la etiqueta de su alimento?
 - ¿Qué les interesaría aprender de lo que observan?
 - ¿Cómo piensan que se llega a la elaboración de una tabla nutrimental?

FASE DE DESARROLLO

Interpretación

1. Análisis reflexivo de una infografía sobre macronutrientes
2. Lectura del escenario problema sobre producto alimentario.
3. Planteamiento de ideas clave para resolver el problema.

Definición

4. Delimitar qué se requiere aprender para dar solución al problema.
5. Identificar conocimientos previos y áreas de oportunidad.
6. Establecer el plan de investigación.

Investigación

7. Uso de metodologías (experimental o documental)
8. Identificación de macronutrientos
9. Búsqueda de información fiable
10. Comparación de la información
11. Análisis crítico de resultados
12. Desarrollo de competencias científicas y digitales
13. Análisis normativo
14. Reflexión crítica y ética

FASE DE CIERRE

Solución

15. Reflexiones finales
16. Autoevaluación

Figura 2. Fases de la secuencia didáctica

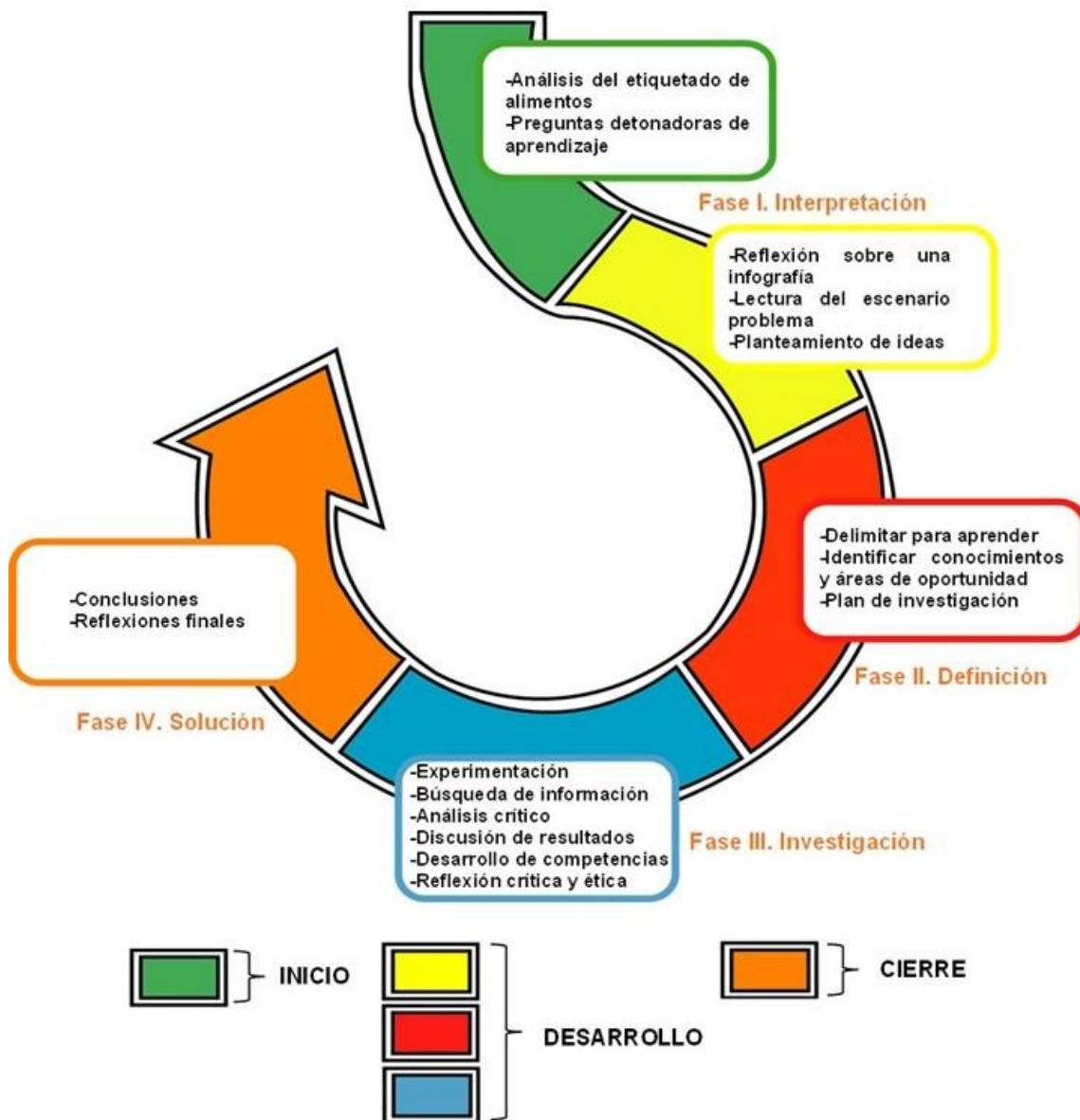


Figura 3. Esquema resumido del contenido de la secuencia

Se realizó un análisis cualitativo descriptivo en donde evaluamos algunas categorías esenciales (habilidades cognitivas del pensamiento crítico) en el enfoque de ABP: interpretación, análisis, evaluación, explicación y autorregulación. Estas habilidades cognitivas se pueden identificar en la Tabla 2.

Tabla 2. Categorías de análisis

| Categorías del ABP | ¿Qué se evaluó? | ¿Cómo y con qué se evaluó? |
|---------------------------|---|--|
| Interpretación | Que el alumnado comprendiera y expresara el significado o relevancia de situaciones, datos o procedimientos | Se solicitó una evidencia escrita donde el alumnado registró lo que entendió y cómo lo relacionó con el problema. Diario de aprendizaje y rúbrica de discusión grupal. |
| Análisis | Que el estudiantado examinara con un cuidado minucioso las ideas, asimismo, identificara relaciones de inferencia y analizara argumentos planteados | Se observó la capacidad para dividir la información, detectar relaciones lógicas y formular inferencias. Cuestionario metacognitivo. |
| Evaluación | Que valorara la credibilidad de su situación problema | El profesorado anotó la capacidad de valorar fuentes, argumentos y soluciones viables. Debates e informes de ABP. |
| Explicación | Que cuidara la presentación de los resultados del razonamiento propio de manera reflexiva y coherente | Se observó la claridad, orden lógico, coherencia interna y adecuación del lenguaje. Rúbrica para evaluar su hoja de resultados. |
| Autorregulación | Que se presentara un monitoreo consciente de las actividades realizadas | El profesorado observó el monitoreo del propio proceso, identificación de errores y ajustes en su estrategia. Escala tipo Likert de autoevaluación. |

La tabla 3 muestra una relación de las habilidades cognitivas evaluadas con las fases del ABP propuestas por Boud.

Tabla 3. Relación entre las fases del ABP y las categorías de análisis

| Habilidades cognitivas | Fase I: interpretación | Fase II: Definición | Fase III: investigación | Fase IV: solución |
|------------------------|---|--|--|---|
| Interpretación | El alumnado identifica términos clave y comprende el contexto del problema. | Reformula el problema con sus propias palabras. | Comprende la información que investiga | Integra la información para comprender la solución |
| Análisis | Distingue datos relevantes e irrelevantes en su escenario problema. | Divide el problema en partes lógicas y coherentes. | Compara enfoques | Contrasta las posibles soluciones |
| Evaluación | Cuestiona la claridad del problema. | Emite algún juicio sobre la definición del problema. | Valora la calidad de las fuentes de consulta | Justifica la solución elegida y su viabilidad |
| Explicación | Resume el problema en forma oral o escrita. | Formula hipótesis iniciales | Relaciona conceptos y los explica entre su equipo | Comunica la solución de forma clara y argumentada |
| Autorregulación | Reconoce qué sabe y qué necesita saber. | Establece propósitos de aprendizaje | Realiza ajustes en su investigación como sea necesario | Reflexiona sobre su aprendizaje y toma conciencia de sus errores o aciertos |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los instrumentos de evaluación representaron evidencias clave para reflexionar sobre las habilidades cognitivas del pensamiento crítico. Creemos que se desarrolló la *interpretación*, ya que, en los diarios de aprendizaje, el alumnado registró su comprensión inicial del problema, identificó datos relevantes y contextualizó la situación. El análisis de estos datos permitió evidenciar cómo relacionaban los ingredientes con la elaboración de tablas nutrimientales y cómo interpretaban las implicaciones éticas del análisis. En este sentido, algunos equipos expresaron la importancia de registrar resultados con honestidad, aun cuando estos no coincidieran con los valores declarados en la etiqueta, reconociendo la responsabilidad científica y ética que implica comunicar datos veraces.

Otra de las habilidades evaluadas fue el *análisis*, donde los instrumentos clave fueron las rúbricas y los mismos diarios de aprendizaje anteriores. En ellos, el alumnado argumentó causas de errores en los análisis, identificó relaciones

entre normativas (NOM) y el etiquetado, y descompuso el problema en elementos técnicos y éticos. Durante las discusiones, surgieron reflexiones sobre el impacto que una información nutrimental incorrecta puede tener en la salud pública y en la confianza del consumidor, vinculando el ejercicio académico con la práctica profesional responsable.

Como resultado del escenario de ABP, el alumnado elaboró una hoja de resultados evaluada mediante una rúbrica, en la que registró la tabla de información nutrimental proporcionada y determinó, a través de ensayos bioquímicos colorimétricos y la preparación de disoluciones para generar escalas de color, las cantidades de azúcares, proteínas y lípidos. Este enfoque permitió transformar técnicas habitualmente cualitativas en analíticas, reportando los gramos de cada macronutriente. Los resultados mostraron que la declaración nutrimental solo reportaba correctamente el contenido de azúcares, mientras que los lípidos y las proteínas estaban muy por debajo de lo declarado. Esta discrepancia evidenció la importancia de una correcta declaración nutrimental, ya que una información inexacta puede confundir al consumidor y afectar sus decisiones alimentarias (Figura 4).

A través del cuestionario metacognitivo, el estudiantado reflexionó críticamente sobre la calidad de los resultados obtenidos, la credibilidad de la información y las decisiones tomadas durante el proceso. Este instrumento permitió identificar juicios fundamentados, valoraciones sobre la veracidad de los datos nutrimentales y toma de postura ante errores detectados; por lo tanto, inferimos que en este apartado se trabajó con la habilidad de *evaluación*. Los debates y los informes de ABP permitieron evaluar la *explicación*. En ambos formatos, el alumnado organizó ideas, justificó procedimientos técnicos y explicó cómo elaborar una tabla nutrimental a partir de análisis químicos. Además, demostró la capacidad de comunicar implicaciones éticas y sociales de manera clara y argumentada, como la necesidad de transparencia en la industria alimentaria y la protección del derecho del consumidor a una información veraz.

Mediante una escala Likert de autoevaluación, el alumnado valoró su propio desempeño, identificó fortalezas y debilidades en su proceso de aprendizaje, y reflexionó sobre los ajustes necesarios en futuras tareas. Este instrumento mostró el desarrollo de una conciencia crítica sobre su rol como analistas responsables y la comprensión de que la ética forma parte esencial del rigor científico y del compromiso profesional (autorregulación). En la Tabla 4 se relacionan las habilidades antes mencionadas con los aprendizajes planteados en la secuencia didáctica.

HOJA DE RESULTADOS

CARBOHIDRATOS

| | |
|----------------------------------|----------------------------|
| Burra energética CCH Fit 30 g | Declaración Nutrimental |
| Carbohidratos totales 1 | 18 g |
| Azúcares | 6 g |
| Proteínas | 10 g |
| Gorduras totales | 0.5 g |
| Energya | 120 kcal |

PRUEBA DE BENEDICT

De azul a Rojo ladrillo \rightarrow

* 1 2 3 4

Soluciones Glucosa:

1% 2% 5% 10%

1g 2g 5g 10g \rightarrow Azúcar

LÍPIDOS

Contenido de grasa = 0.5 g en 30 g de la burra, cprox: 1.6%

Grasa 0.5 g $\times \frac{\text{g burra}}{30 \text{ g}}$

SUDAN III

Positive Negativo

Escala de color Sudan III (0.2%) Cultivo

Blanco 10 20 40 60 80 100 150 $\mu\text{L/mL}$

Masa de la burra:

0.5 g
1 g
2.5 g
5 g } Extracción Grasa Total/c Mezcla Hexano-Isopropano (3:2)

$\frac{\text{mg de Lipido extracto}}{\text{Lipido extracto}} = [\text{ug/mL}] \times \text{Volumen (mL)}$

$\% \text{ grasa (m/m)} = \frac{\text{mg lipido / 1000}}{\text{g muestra}} \times 100$

PROTEÍNAS

BIURET

Estándares de albúmina en agua 1mg/mL

Masa Burra

0.5 g
1 g + 50 mL
2.5 g agua
5 g

Masa muestra Color Equivalente mg/mL Proteína estimada mg en 50 mL g Proteína por 30 g burra

| | | | |
|-----|-----|-----|------|
| 0.5 | 0.5 | 2.5 | 1.5 |
| 1 | 0.6 | 3.0 | 0.9 |
| 2.5 | 0.4 | 2.0 | 0.24 |
| 5 | 0.3 | 1.5 | 0.09 |

La Tabla nutrimental
Tampoco cumple con lo
declarado sobre PROTEÍNA

Resumen

5g de burra contienen aprox. 1g de azúcar

Intonces en 30g de burra hay 6g de azúcar

La tabla dice lo correcto

Resumen

g/burra (30g) = % grasa $\times \frac{30}{100}$

| Masa muestra (g) | Volumen Extracto mL | mg lípido extracto | % grasa (m/m) | g grasa en la burra de 30 g |
|------------------|---------------------|--------------------|---------------|-----------------------------|
| 1 | 20 | 1.2 | 0.12 | 0.036 |
| 1 | 20 | 1.6 | 0.16 | 0.048 |
| 2.5 | 20 | 7 | 0.040 | 0.012 |
| 2.5 | 20 | 1.2 | 0.048 | 0.014 |
| 5 | 20 | 1.1 | 0.022 | 0.007 |

El producto contiene MENOS grasa de la que declara

NINGUNO
Resultado cumple con la declaración de la burra

$1 \text{ g Muestra} = (0.6 \text{ mg/mL})(50 \text{ mL}) = 30 \text{ mg} = 0.03 \text{ g}$

0.03 g Prot. en 1g
En 30g
 $0.03 \times 30 = 0.09 \text{ g Proteína}$

Figura 4. Hoja de trabajo con el reporte de resultados del alumnado, que contribuyó a la resolución de su problema. En ella se puede observar la tabla de información nutrimental que el profesorado les presentó como parte del problema a resolver

Tabla 4. Resultados observados en la secuencia

| Fases del ABP | Habilidades cognitivas observadas | Descripción y relación con los aprendizajes |
|---|---|---|
| I. Interpretación ¿Qué podría estar pasando? | Interpretación Análisis Evaluación Explicación | El estudiantado identificó elementos necesarios para elaborar una tabla nutrimental y reconoció la posibilidad de errores en los análisis, comprendiendo su aplicación en el área de los alimentos. Se analizaron algunas fallas posibles en el control de calidad, relacionándolo con las Normas Oficiales Mexicanas (NOM). El alumnado evaluó la credibilidad de la empresa de su escenario problema y juzgó la veracidad de la declaración nutrimental. Uno de los equipos explicó de manera crítica posibles implicaciones éticas, abordando la importancia de resultados verídicos y éticos en el análisis de alimentos. |
| II. Definición ¿Qué sabemos? | Interpretación Análisis (limitado) Explicación | El alumnado asumió el rol de analista y comprendió la necesidad de conocer los ingredientes para una correcta elaboración de la tabla nutrimental. Se discutió la exigencia de emitir informes auténticos con repercusión legal, fortaleciendo el aprendizaje sobre la aplicación y descripción de metodologías de análisis. El análisis fue poco frecuente, aunque un grupo identificó la falta de datos precisos sobre las materias primas. La explicación surgió con reflexiones críticas sobre inconsistencias entre ingredientes y datos nutricionales. |
| III. Investigación ¿Qué no sabemos? | Interpretación Análisis Explicación | Surgió la necesidad de conocer cantidades exactas de ingredientes, y se relacionó el etiquetado con NOM específicas. Se identificó la importancia de los análisis químicos para validar la información nutricional y se reconocieron elementos como los hexágonos negros de advertencia. En la explicación, se demostró comprensión del procedimiento para elaborar tablas nutrimentales, incluyendo la consulta de bases de datos, determinación de energía, grasas, azúcares y otros nutrientes, lo cual evidencia la integración de contenidos técnicos y normativos del análisis de alimentos. |
| IV. Solución ¿Cuál es el problema? | Interpretación Autorregulación | Todos los equipos lograron identificar que un propósito importante del escenario problema fue reconocer que las tablas nutrimentales se derivan de análisis químicos estrictos, realizados bajo normas oficiales. Reflexionaron sobre la implicación ética y social de emitir resultados verídicos, alineándose con el aprendizaje relacionado con la importancia ética del análisis en alimentos. La autorregulación se manifestó en la reflexión sobre el propio aprendizaje y comprensión del papel del analista. |

En este análisis se mostró cómo, a lo largo de cada fase del ABP, se desarrollaron distintas habilidades cognitivas relacionadas con los aprendizajes esperados: desde el reconocimiento de macronutrientes y metodologías, hasta la reflexión ética y normativa del análisis en alimentos.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

A través de esta secuencia didáctica se implementó el Aprendizaje Basado en Problemas en un contexto real y cercano al alumnado, favoreciendo un aprendizaje que trascendió la memorización de contenidos para centrarse en la investigación, la experimentación y la resolución activa de problemas. El estudiantado logró resolver el escenario planteado al identificar discrepancias en la información nutrimental analizada, evidenciando que el uso de técnicas químicas y el análisis crítico permiten validar la veracidad de la información dirigida al consumidor. Asimismo, la secuencia propició el desarrollo de competencias científicas aplicadas, ya que el alumnado no solo comprendió la función de los macronutrientes, sino que aprendió a identificarlos y cuantificárselos mediante metodologías específicas, fortaleciendo su capacidad para analizar información y tomar decisiones basadas en evidencia. Al finalizar el trabajo, se estableció una conexión explícita entre el análisis químico de alimentos y la ética de la metodología científica, destacando la importancia de la veracidad y la transparencia en el etiquetado nutrimental como un aspecto fundamental tanto para la industria alimentaria como para la salud pública. Finalmente, el proceso de evaluación integró conocimientos teóricos, habilidades experimentales y actitudes éticas, apoyándose en instrumentos variados como rúbricas y coevaluaciones, lo que permitió una valoración más integral del aprendizaje alcanzado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo-Díaz, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 3-16.
<https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3968>
- Bodagh, N., Bloomfield, J., Birch, P., y Ricketts, W. (2017). Problem-based learning: a review. *British journal of hospital medicine (London, England: 2005)*, 78(11), C167-C170.
<https://doi.org/10.12968/hmed.2017.78.11.C167>
- Boud, D. (1993). Experience as the base for learning. *Higher education research and development*, 12(1), 33-44.
<https://doi.org/10.1080/0729436930120104>
- Bybee, R. W. (2013). The case for STEM education: Challenges and opportunities. NSTA Press.
- Desye, B., Tesfaye, A. H., Daba, C., y Berihun, G. (2023). Food safety knowledge, attitude, and practice of street food vendors and associated factors in low-and middle-income countries: A Systematic review and Meta-analysis. *PloS one*, 18(7), e0287996.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0287996>
- Hodson, D. (2009). Teaching and learning about science: Language, theories, methods, history, traditions and values. Sense Publishers.
<https://doi.org/10.1163/9789460910531>

- Lambert, T. P., Fuentes, M. C. M., y Blanco, D. M. L. (2018). La historia en la enseñanza de la Química y su concreción en el contexto de la formación ética del Licenciado en Educación Química. *Didáctica y Educación*, 9(4), 119-132.
<https://revistas.ult.edu.cu/index.php/didascalia/article/view/797>
- Nicholus, G., Muwonge, C. M., y Joseph, N. (2023). The Role of Problem-Based Learning Approach in Teaching and Learning Physics: A Systematic Literature Review. *F1000Research*, 12, 951.
<https://doi.org/10.12688/f1000research.136339.2>
- Obaya, V. A., Vargas, R. Y. M., & Delgadillo, G. G. (2011). Aspectos relevantes de la educación basada en competencias para la formación profesional. *Educación química*, 22(1), 63-68.
[https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30116-2](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30116-2)
- Obaya, A., Vargas-Rodríguez, G. I., Lima-Vargas, A. E., y Vargas-Rodríguez, Y. M. (2018). Aprendizaje basado en problemas: ¿en qué tiempo se descompone la leche pasteurizada a temperatura ambiente? *Educación química*, 29(1), 99-109.
<https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.63701>
- Ranbir, Kumar, M., Singh, G., Singh, J., Kaur, N., y Singh, N. (2022). Machine Learning-Based Analytical Systems: Food Forensics. *ACS omega*, 7(51), 47518-47535. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c05632>
- Romero-Álvarez, J. G., Rodríguez-Castillo, A., y Gómez-Pérez, J. (2008). Evaluación de escenarios para el aprendizaje basado en problemas (ABP) en la asignatura de química de bachillerato. *Educación química*, 19(3), 195-200. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2008.3.25830>
- Romero Vásquez, K. L. (2024). El pensamiento crítico en la enseñanza de la química de los alimentos desde diferentes enfoques. *Vox Humana: Journal of Social Affairs*, 3(2), 26-31.
<https://doi.org/10.56183/vox.v3i2.646>
- Sadler, T. D., Barab, S. A., y Scott, B. (2007). What do students gain by engaging in socioscientific inquiry? *Research in Science Education*, 37(1), 371-391. <https://doi.org/10.1007/s11165-006-9030-9>
- Williams, K. L., Redman, Z. C., Hengel, M. J., & Wong, J. W. (2020). Analysis of pesticides in plant foods by QuEChERS and gas chromatography-mass spectrometry: An undergraduate laboratory experiment. *Journal of Chemical Education*, 97(1), 226-233.
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00476>

Innovación para la enseñanza de la Química

ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA A ESTUDIANTES DE AGRONOMÍA

Victoria Bessone, Analía N. Dragán, Sergio A. Perusset, Beatriz L. Bot, Joaquín Pretti, Walter G. Laroca, Helena Francisconi, Valeria Ormaechea

Universidad Nacional de Entre Ríos, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Argentina

E-mail: victoria.bessone@uner.edu.ar

Recibido: 26/06/2025. Aceptado: 20/11/2025.

ARK CAICYT: <https://id.caicyt.gov.ar/ark:/s23449683/jta29onac>

Resumen. Mediante recursos didácticos pertinentes, es posible promover en los estudiantes una mejor comprensión de los conceptos fundamentales de Química General para las Ciencias Agropecuarias. El objetivo del trabajo fue generar estrategias que permitan enfocar la enseñanza a una perspectiva agronómica. Durante la cursada no curricular de Química General, se conformaron grupos de estudiantes que desarrollaron un trabajo práctico articulando con Química Analítica, dosificando fertilizantes a cultivos en hidroponia y maceta. Se inició con una charla motivadora sobre nutrición vegetal brindada por docentes de Fisiología Vegetal, luego los grupos prepararon las soluciones en laboratorio y armaron los ensayos que fueron evaluados por cinco semanas. Al finalizar, los estudiantes entregaron un informe con presentación oral de los resultados y encuesta. El 44% manifestó haber comprendido mejor la temática, para el 52% fue una actividad satisfactoria y para el 54% este trabajo aportó a su orientación vocacional. Se continúan reforzando las estrategias para mejorar la enseñanza.

Palabras clave: didáctica, química, aprendizaje, trabajo colaborativo

Didactic Strategies in the Teaching of Chemistry to Agronomy Students

Abstract. By using appropriate didactic resources, it is possible to facilitate the development of a solid understanding of General Chemistry concepts in Agricultural Sciences for students. The objective of this work was to generate strategies that allow focusing teaching from an agronomic perspective. During the non-curricular General Chemistry course, student groups were formed to carry out a practical project in conjunction with Analytical Chemistry, applying hydroponics or fertilizing different crops in pots. Starting with an initial talk on plant nutrition, prior to setting up the experiments, solutions were prepared in the laboratory and the experiments were carried out over five weeks. Upon completion, they submitted a report, orally presented the results, and conducted a survey. 44% reported an improvement in their understanding of the topics, for 52% it was a satisfactory activity and for 54%, this project contributed to their vocational orientation. Strategies are being continuously reinforced to enhance teaching.

Keywords: didactic, chemistry, learning, collaborative work

Estratégias didáticas no ensino de química para estudantes de agronomia

Resumo. Por meio de recursos didáticos pertinentes, é possível promover nos estudantes uma melhor compreensão dos conceitos fundamentais de Química Geral para as Ciências Agrárias. O objetivo do trabalho foi desenvolver estratégias que permitam orientar o ensino a partir de uma perspectiva agronômica. Durante o curso extracurricular de Química Geral, foram



formados grupos de estudantes que desenvolveram um trabalho prático articulado com a Química Analítica, realizando a dosagem de fertilizantes em cultivos em hidroponia e em vasos. A atividade teve início com uma palestra motivadora sobre nutrição vegetal, ministrada por docentes de Fisiologia Vegetal; em seguida, os grupos prepararam as soluções em laboratório e montaram os ensaios, que foram avaliados ao longo de cinco semanas. Ao final, os estudantes entregaram um relatório com apresentação oral dos resultados e responderam a um questionário. Dos participantes, 44% relataram ter compreendido melhor a temática, 52% consideraram a atividade satisfatória e 54% afirmaram que o trabalho contribuiu para sua orientação vocacional. As estratégias continuam sendo aprimoradas para melhorar o ensino.

Palavras-chave: didática, química, aprendizagem, trabalho colaborativo

INTRODUCCIÓN

La asignatura Química General (Plan de Estudios 2004) se dictaba en el primer semestre del primer año de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Entre Ríos, (FCA-UNER). En dicha asignatura, era común hallar una gran proporción de estudiantes que se enfrentan con dificultades en su aprendizaje. En general, les resulta complejo vincular la química con la carrera que eligieron y más aún proyectar esta disciplina al futuro quehacer profesional. Esta situación, sumado a otros factores, derivaba en altos índices de deserción o desinterés en los alumnos de los primeros años universitarios. Como estrategia para reducir esta problemática, se realizaba un dictado no curricular en el segundo semestre, con el objetivo de que aquello que estuvieron cerca de lograr la regularidad en el primer semestre tengan una nueva oportunidad, optimizando de esta manera el tiempo del estudiante. Dado que el número de inscriptos en este segundo semestre era aproximadamente un 50% menor respecto a la cursada curricular, fue posible implementar nuevas estrategias didácticas más intensivas y personalizadas en pos de generar motivación y mejor desempeño del estudiantado.

Paralelamente a esta segunda cursada, se dictaba curricularmente Química Analítica, asignatura correlativa con Química General y que recupera los saberes adquiridos en dicha materia como base conceptual.

Durante la pandemia por COVID-19, las restricciones y el confinamiento obligatorio impidieron la realización de clases prácticas presenciales, lo que obligó a los docentes a replantear sus estrategias de enseñanza y a buscar alternativas que permitieran sostener un aprendizaje significativo en un contexto totalmente mediado por la virtualidad. Esta situación generó un profundo proceso de reflexión respecto de los recursos didácticos disponibles, las formas de interacción pedagógica y las necesidades particulares de los estudiantes atravesados por un fuerte impacto emocional, social, educativo y tecnológico. En 2021, con el retorno gradual a la presencialidad, la metodología de enseñanza debió adaptarse nuevamente a las características de esta nueva cohorte pospandemia (Benites, 2021). Fue necesario readaptar los métodos de trabajo en aula, acompañar a los estudiantes en su incorporación a la vida universitaria presencial y promover que asuman un rol activo en la construcción de su propio aprendizaje, orientado al pensamiento crítico, indagador, reflexivo, investigador y creativo. A partir de este proceso, las estrategias metodológicas aplicadas desde entonces se han ido retroalimentando continuamente. La escucha activa entre pares y entre

docentes-estudiantes permitió resignificar el rol docente, desplazando la idea de “transmisión” del conocimiento hacia la de guía y facilitador en el acceso, apropiación y construcción del saber (Posso Pacheco, 2022).

El espacio dedicado a Trabajos Prácticos (TP) fue un punto estratégico para poner a prueba otras alternativas de enseñanza, orientando la enseñanza de la Química a un proceso de formación integral. Con el fin de que el estudiante fortalezca sus habilidades como el pensamiento crítico, la creatividad, la proactividad y que sea parte de la construcción de sus saberes, se fomenta a aprender trabajando en equipo, a que comparta sus dudas y conocimientos con sus pares y juntos fortalezcan sus habilidades de estudiar y lograr interpelar al docente. El presente trabajo tuvo como principal propósito que los estudiantes logren incorporar los conceptos de Química General, desde el reconocimiento de los materiales de laboratorio, normas de seguridad en el mismo y la preparación de disoluciones, para articularlos con su aplicación en la agronomía, a partir del trabajo colaborativo y el aprendizaje basado en problemas.

Cabe aclarar que actualmente el plan de estudios ha sido modificado y la metodología de dictado de los contenidos de la materia ha cambiado.

OBJETIVO

Desarrollar estrategias didácticas que integren la enseñanza de la Química con la formación agronómica, promoviendo la apropiación del conocimiento a partir de prácticas experimentales e interdisciplinares.

METODOLOGÍA

Organización de los estudiantes

El trabajo se llevó a cabo durante el año 2022 con estudiantes del curso no curricular de Química General y de la cursada curricular de Química Analítica, ambas materias del primer año de la carrera.

Se formaron 24 grupos de trabajo al azar, integrando estudiantes de ambas asignaturas. Cada grupo estuvo compuesto, en promedio, por 5 estudiantes de Química General y 3 de Química Analítica, de acuerdo con la cantidad de cursantes en cada asignatura. A cada grupo se le asignó un ensayo diferente, detallado en el siguiente cuadro (Figura 1).

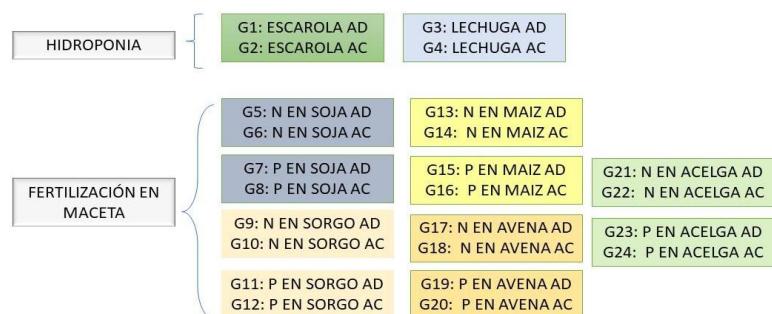


Figura 1. Distribución de temas y grupos. AD: agua destilada; AC: agua corriente; N: nitrógeno; P: fósforo; G1-24: grupos 1-24

Actividades propuestas

Se estableció un cronograma de actividades a cumplir durante todo el periodo de los ensayos. El mismo se dispuso de las siguientes actividades: 1) Entrega de plan de trabajo. 2) Jornada sobre Química en la Nutrición vegetal. 3) Preparación de soluciones y determinaciones analíticas. 4) Desarrollo de los ensayos. 5) Consultas semanales. 6) Entrega de informe final y exposición de los resultados.

- Entrega de plan de trabajo

En una primera instancia, cada grupo debió presentar un proyecto y diseño de ensayo. Para ello, debieron investigar sobre la temática que se les asignó y armar un plan de trabajo escrito para llevar a cabo, justificando cada tarea propuesta. Mediante la realización de una búsqueda bibliográfica y material inicial para lectura provisto por la cátedra, y en base a las drogas disponibles para que pudieran elegir la más adecuada para su ensayo, debieron diseñar un ensayo, con ayuda de una guía de cómo hacer el proyecto escrito, disponible en el Campus de la UNER. Durante este periodo también contaron con la orientación y supervisión de un tutor docente o auxiliar docente. En el plan presentado debía incluir: Nombre del grupo, Introducción, Objetivos, Hipótesis, Materiales y Métodos y Resultados Esperados.

- Jornada sobre Química en la Nutrición Vegetal

Dado que los estudiantes de primer año, al momento de realizar el ensayo no contaban con conocimientos previos sobre nutrición vegetal, se organizó una jornada introductoria a cargo del equipo docente de Fisiología Vegetal. El objetivo fue ofrecer un encuentro motivacional y formativo en el cual se abordaron conceptos básicos de nutrición vegetal y se explicaron los principales parámetros a tener en cuenta.

- Preparación de soluciones y determinaciones analíticas

Los estudiantes de Química General fueron citados al laboratorio para preparar las correspondientes soluciones de fertilizantes o kits nutritivos que utilizarían en los ensayos. Para ello, realizaron previamente los cálculos necesarios, revisaron los materiales requeridos y organizaron los pasos a seguir. La cátedra puso a disposición los siguientes compuestos listados en la Tabla 1.

Tabla 1. Compuestos disponibles para preparar las soluciones fertilizantes

| | |
|--------------------------------|-------------------------------|
| Sulfato cúprico | Cloruro de sodio |
| Fosfato diamónico | Sulfato de Zinc |
| Nitrato de potasio y de calcio | Cloruro férrico hexahidratado |
| Ácido Nítrico | Cloruro de magnesio |
| Sulfato de potasio | Sulfato férrico |

- Desarrollo de los ensayos

Una vez preparadas las soluciones y entregado el material vegetal, los estudiantes iniciaron el desarrollo de sus ensayos.

Los 4 grupos que tenían asignada hidroponia, contaron con el equipamiento correspondiente en un espacio específico de la Facultad. Se le otorgó a cada uno el agua corriente de la localidad Oro Verde o agua destilada, según preasignación, los plantines y los kits nutritivos preparados. Cada grupo fue responsable del control del funcionamiento del sistema durante todo el período experimental.

Los demás grupos recibieron 5 plantines de la especie asignada, suelo común, el agua que le correspondiera (corriente o destilada) y los fertilizantes preparados por cada grupo. Uno de los plantines fue asignado como control y los demás se utilizaron para aplicar los distintos tratamientos definidos por cada grupo. Como equipos de trabajo, se organizaron tanto para mantener la humedad de las plantas, agregarles las dosis de fertilizante calculadas durante las diferentes semanas, registrar imágenes y observar si hubo algún cambio visible, y el monitoreo de situaciones de estrés biótico u otras eventualidades.

Por su parte, los estudiantes de Química Analítica de cada grupo realizaron la toma de muestras de suelo y agua previo y durante el desarrollo del ensayo. En el laboratorio llevaron a cabo determinaciones de pH del suelo y del agua, así como la conductividad eléctrica del agua.

- *Consultas semanales*

Cada docente tutor acordó con sus grupos un horario de encuentro semanal para seguimiento de las actividades, resolución de dudas y asesoramiento. El aprovechamiento de los encuentros también fue considerado como parte de la evaluación.

- *Entrega del trabajo final y presentación oral*

Una vez culminado el periodo de cinco semanas de ensayo, cada grupo elaboró un trabajo final escrito, en el cual describieron detalladamente el procedimiento realizado, los materiales utilizados, y todos los resultados obtenidos, incluyendo una pequeña discusión. Este informe fue evaluado por cada tutor. Luego se realizó una jornada de presentaciones orales del trabajo final realizado en la que los grupos expusieron al resto de sus compañeros. Durante las exposiciones se les realizaron consultas sobre el desarrollo del ensayo y sus resultados. La evaluación fue realizada tanto por el equipo docente como por los demás estudiantes de otros grupos, promoviendo así una instancia de intercambio, reflexión crítica y evaluación colaborativa.

- *Evaluación*

La evaluación del trabajo contempló la participación activa de los estudiantes en todas las instancias, tanto en los encuentros de consultas como durante el desarrollo del trabajo práctico experimental. Se evaluaron los diseños y armado de los proyectos, informes finales y las exposiciones orales realizadas por cada grupo. Por su parte, para evaluar la experiencia en su conjunto, se les realizó una encuesta final de satisfacción, con el objetivo de conocer la percepción de los estudiantes sobre la actividad, su impacto en el aprendizaje y en la orientación vocacional, así como para identificar aspectos a mejorar en realizaciones futuras.

La encuesta contaba con preguntas orientadas a la evaluación del trabajo grupal, su efecto en el aprendizaje y en la orientación vocacional, los inconvenientes que pudieron surgir y un espacio de sugerencias para enriquecer próximos trabajos. Las respuestas se consignaron mediante una escala de valoración: Muy malo, Malo, Regular, Bueno y Muy bueno. Para el análisis, se consignaron como respuestas positivas aquellas calificadas como Buena y Muy buena.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos a partir de la implementación de esta estrategia didáctica fueron analizados teniendo en cuenta diversos aspectos relevantes.

- *Formación de grupos.* En cuanto a la organización de los estudiantes, debido a que fueron agrupados al azar, y considerando, además, que debieron trabajar interdisciplinariamente, se observaron dificultades en el establecimiento de la comunicación entre los integrantes de algunos grupos, debiendo intervenir los docentes para lograr una interacción mejor entre ellos. En este aspecto, varios de los estudiantes manifestaron haber tenido problemas en la comunicación y cumplimiento de compromisos, falta de interés y desmotivación que derivaron en una difícil organización para desarrollar la actividad, aspectos que también han sido señalados por otros autores como Jofré y Contreras (2013) en su propuesta de trabajo basada en problemas. Esto se tendrá en cuenta para futuras aplicaciones del trabajo, permitiendo que puedan elegir con quiénes formar grupo y hacer más ameno el desarrollo. El trabajo en equipo implica la capacidad de integrarse y colaborar de forma activa en la consecución de objetivos comunes con otras personas, áreas y organizaciones. Se ha demostrado que la autopercepción de los estudiantes mejora significativamente, fomenta habilidades colaborativas reales, lo cual podría aumentar la efectividad del trabajo en equipo en contextos profesionales (Soria-Barreto y Cleveland-Slimming, 2020), y que el trabajo colaborativo favorece la adquisición de aprendizajes mediante la construcción social del conocimiento dado que involucra a una comunidad de alumnos en la que se comparten saberes previos y se adquieren otros nuevos (Sandoval, Mandolesi y Cura, 2013).

- *Presentación de propuestas.* La jornada brindada por la cátedra de Fisiología Vegetal, previo al inicio de los ensayos, fue un puntapié inicial necesario, dado que los estudiantes adquirieron conocimientos básicos de nutrición vegetal, necesarios para comenzar a indagar e investigar sobre el cultivo que les había asignado. Se mostraron participativos e interesados frente a la propuesta. Se observó un buen desarrollo de las propuestas de análisis y evaluación de los estudiantes, en este sentido el 90% de los grupos entregó en tiempo y forma el proyecto que se le propuso realizar. De este porcentaje sólo el 17% tuvo observaciones en la forma de abordaje de la situación y debieron realizar correcciones y volver a presentar el trabajo. En este sentido, las propuestas generadas mostraron un trabajo colaborativo entre los estudiantes lo cual es de gran interés para la formación de los mismos ya que dichas actividades cooperativas permiten crear un ambiente en el que el alumnado se involucra activamente en la tarea a realizar, compartiendo ideas, retroalimentándose y enseñándose entre ellos (Monllor Satoca et al., 2012).

- *Preparación de las soluciones y desarrollo de los ensayos.* Los estudiantes se mostraron motivados al momento de ir al laboratorio y preparar las soluciones fertilizantes, con sus cálculos y consultando cualquier duda que se les presentaba en el momento. Las preparaciones las hicieron con supervisión de los docentes y auxiliares responsables de cada comisión, quienes además les proveyeron todos los materiales de laboratorio necesarios. En cuanto al desarrollo del trabajo, durante todas las semanas en que se llevó a cabo este trabajo (siembra en maceta o hidroponía), los estudiantes tomaron registros fotográficos, notas sobre cualquier imprevisto y observaciones que les hayan llamado la atención durante el proceso. Esta forma de trabajar resultó interesante dado que estimuló la reflexión, la creatividad y el juicio crítico puesto que para tomar decisiones y justificarlas es preciso conocer muy bien el objeto de estudio. Interrelacionar contenidos con el problema implica el desarrollo de diversas operaciones comprensivas. Tal es así que se ha fortalecido la adquisición de contenidos en Química, principalmente del tema Disoluciones, así como reconocimiento de los materiales de laboratorio utilizados y aplicando las normas de seguridad en un laboratorio. Además, se ha conectado la utilización de las disoluciones y sus aplicaciones en la agronomía, como disparador para comprender los conceptos de fertilización. Es llamativo y muy cautivador observar el interés que mostraron al momento de la discusión final. En los espacios de consultas se acercaron a mostrar los avances y preguntar si estaban bien orientados sobre sus conclusiones, incluso indagaron con otras cátedras para buscar respuestas a los hallazgos observados. Como se ha estudiado en otros ámbitos, la enseñanza de las ciencias en la actualidad plantea la urgente necesidad de relacionar conceptos básicos, generalmente abstractos, con situaciones de la vida cotidiana y, de este modo, motivar a los estudiantes. Se intenta que la experimentación represente para el estudiante una actividad entretenida y que tenga una relación evidente con los problemas del mundo real. (Sandoval et al., 2013). En la Figura 2 se muestran algunos registros realizados por los grupos de estudiantes, dentro del informe final que debieron presentar.

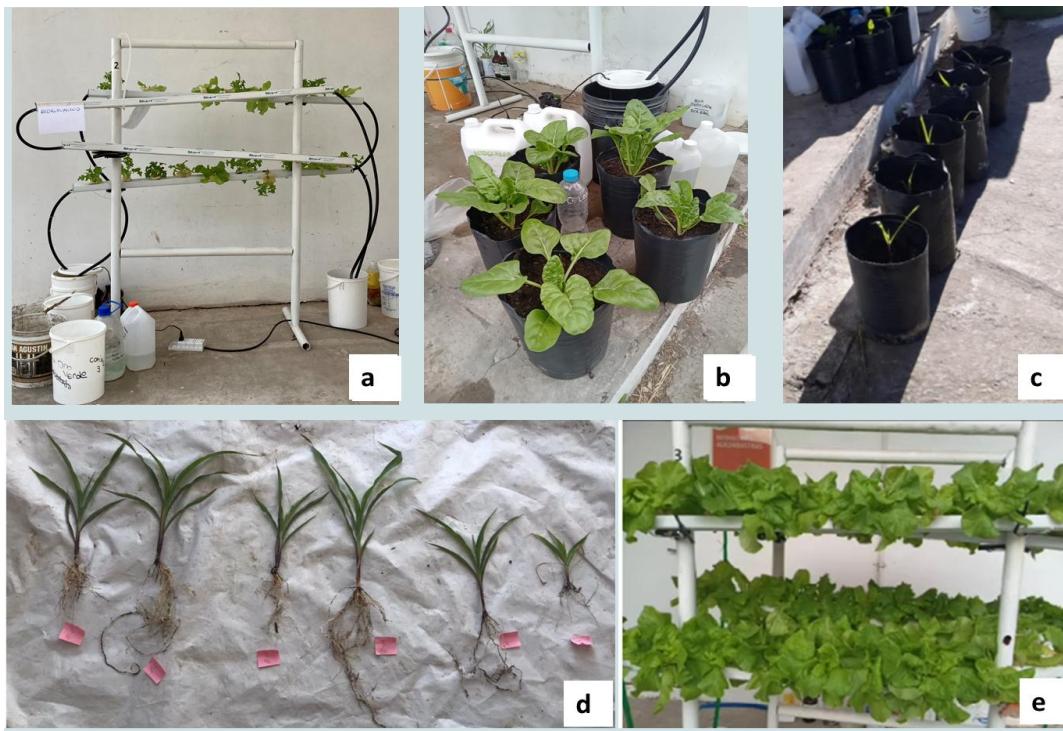


Figura 2. Algunos registros de los trabajos. a) Sistema de hidroponia b) Acelgas en macetas c) Maíces en maceta. d) Maíces luego de los tratamientos. e) Lechugas en hidroponia.

- *Presentación de informes finales y evaluación.* Como se mencionó anteriormente la evaluación del TP, incluyó la entrega en tiempo y forma del plan de trabajo, asistencia a consultas, preparación de las soluciones en el laboratorio, seguimiento del ensayo, entrega del informe final y la realización de una presentación. Además, los estudiantes cursantes de Química Analítica que formaron parte de los grupos, realizaron las mediciones de pH del suelo o de las soluciones de nutrientes para hidroponia, acercándose en los turnos propuestos. Luego entre los integrantes del grupo se compartieron los resultados para realizar el informe final. El 80% de los alumnos cumplió con todos estos objetivos y aprobó el trabajo práctico. Para finalizar la propuesta se les hizo una encuesta completa, cuyos principales resultados se muestran en la Figura 3. Como resultado de las mismas, se obtuvo una muy buena aceptación por parte de los estudiantes. El 44% manifestó mejorar la comprensión de los temas con esta estrategia de aprendizaje, especialmente Soluciones y el 52% se mostró satisfecho durante la realización del TP. Según el 54% de los estudiantes, este trabajo aportó en su orientación vocacional permitiéndoles conocer nuevas formas de producción y entender el “funcionamiento de las plantas”. Se continúa trabajando desde la cátedra en mejorar esta estrategia para fortalecer el aprendizaje de la Química.

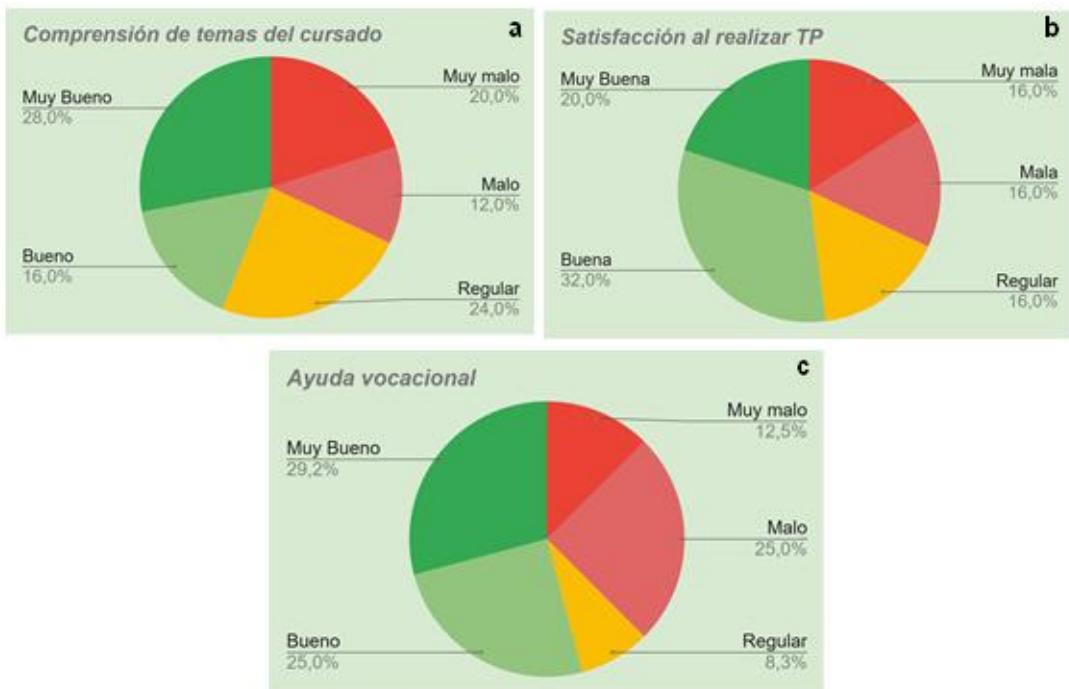


Figura 3. Principales resultados de la encuesta. a) Comprensión de los temas de cursado b) Satisfacción al realizar el TP c) Ayuda vocacional.

La química es una ciencia teórico-experimental que moviliza la actividad cognitiva de los alumnos de forma creativa. Bajo esta concepción del conocimiento, el estudiante asume un rol activo en los procesos de construcción y reconstrucción del saber, mediante la realización de diversas operaciones cognitivas de comprensión y la adopción de decisiones fundamentadas frente a situaciones problemáticas, en contraste con enfoques basados en la mera ejecución automática de tareas (Del Puy Pérez Echeverría y Pozo Municio, 1994). Aprender a través de la comprensión, la problematización y la toma consciente de decisiones facilita el aprendizaje significativo pues promueve que los estudiantes establezcan relaciones significativas entre lo que ya saben y la nueva información, y que ello perdure en niveles más profundos de apropiación (Ausubel, 2002). Si el alumno entiende las bases del fenómeno con el problema en donde se aplica ese conocimiento, seguramente podrá dar sentido a lo aprendido y, por tanto, apropiarse de dicho conocimiento mediante estrategias cognitivas propias que promueven la autonomía en su oficio de estudiante. Se trata de reflexionar y acompañar la lógica del proceso de comprensión y apropiación que va atravesando el alumno, con una intervención adecuada (Matienzo, 2020).

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

La experiencia desarrollada en la cátedra de Química General, en articulación con Química Analítica, evidencia que el uso de estrategias didácticas activas,

experimentales y contextualizadas en el campo de las Ciencias Agropecuarias permitió una mejora sustancial en los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Al vincular los contenidos químicos con situaciones reales del ámbito agronómico, se favoreció un aprendizaje más significativo (Ausubel, 2002), al mismo tiempo que se promovió la apropiación de conocimientos mediante la indagación, la experimentación y la reflexión crítica.

Los estudiantes demostraron altos niveles de motivación y participación, especialmente en instancias prácticas como la preparación de soluciones y el desarrollo de ensayos, aspectos que se relacionan con la necesidad de brindar experiencias de aprendizaje que involucren directamente al estudiante en su proceso formativo (Sandoval et al., 2013). Esta motivación también se reflejó en la búsqueda autónoma de información y en la interacción con otras cátedras, lo que permitió ampliar su comprensión del fenómeno estudiado.

Los resultados de la encuesta final aplicada a los participantes corroboran que la propuesta impactó favorablemente tanto en la comprensión de contenidos disciplinares como en la orientación vocacional. La integración de contenidos disciplinares con problemáticas del mundo real resultó ser un camino eficaz para reforzar la relevancia de la química en el perfil profesional del futuro ingeniero agrónomo (Springer, Stanne y Donovan, 1999).

La adopción de estrategias activas, como discusiones en grupos pequeños y experimentación guiada, mejora significativamente el rendimiento y la participación de los estudiantes (Tran Lu et al., 2024). La implementación de trabajo colaborativo y cooperativo favorece la comunicación, responsabilidad individual y construcción colectiva del conocimiento (Johnson y Johnson, 2019; Apugliese y Lewis, 2017). En el trabajo práctico inter-asignatura, esta dinámica fortaleció habilidades interpersonales y cognitivas, superando las dificultades iniciales en la conformación de equipos.

En contextos agropecuarios, integrar química con prácticas relevantes (nutrición vegetal, hidroponia) refuerza la conexión entre teoría y profesión, incrementando la motivación y la orientación vocacional

Tras el retorno a la presencialidad post pandemia la combinación de teoría-práctica y soporte continuo ha resultado esencial para reactivar la participación estudiantil y contrarrestar el impacto presencial limitado durante la pandemia (turno adaptado de experiencias online en ciencias)

Las estrategias aplicadas no sólo mejoran resultados conceptuales, tomando como referencia planteos en química analítica y general, sino que también desarrollan habilidades claves: resolución de problemas, trabajo en equipo, comunicación oral/escrita y pensamiento crítico, al igual que se establece en pautas de la ACS (American Chemical Society: Kovarik, Robinson y Wenzel, 2022) sobre competencias clave en educación química.

Este tipo de experiencias pedagógicas, por lo tanto, no solo contribuyen a mejorar el rendimiento académico y reducir la deserción, sino que también fortalecen el vínculo del estudiante con su carrera, promoviendo una formación integral, crítica y contextualizada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apugliese, A., & Lewis, S. E. (2017). Impact of instructional decisions on the effectiveness of cooperative learning in chemistry through meta-analysis. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(1), 271–278. <https://doi.org/10.1039/c6rp00195e>
- Ausubel, D. P. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento: Una perspectiva cognitiva*. Paidós. <https://archive.org/details/ausubel-d.-adquisicion-y-retencion-del-conocimiento.-una-perspectiva-cognitiva>
- Benites, R. (2021). *La educación superior universitaria en el Perú post-pandemia* [Material remitido a través de repositorio institucional]. Pontificia Universidad Católica del Perú. Escuela de Gobierno y Políticas Públicas. <https://repositorio.pucp.edu.pe/items/e626dd07-fa5f-4c0b-b542-234aab67766a>
- Del Puy Pérez Echeverría, M. & Pozo Municio, J. I. (1994). *Aprender a resolver problemas y resolver problemas para aprender*. En Pozo Municio et al. (eds.). La solución de problemas (1-50). Madrid: Santillana. <https://cpalazzo.files.wordpress.com/2015/03/soluciondeproblemas.pdf>
- Jofré, C. & Contreras, F. (2013). Implementación de la metodología ABP (Aprendizaje Basado en Problemas) en estudiantes de primer año de la carrera de Educación Diferencial. *Estudios Pedagógicos*, 39(1), 99–113. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052013000100006>
- Johnson, W. D. & Johnson, T. R. (2019). Cooperative Learning: *The Foundation for Active Learning*. Beyond the future. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.81086>
- Kovarik, M., Robinson, J. & Wenzel, T. (2022). Why use active learning? Active learning in the analytical chemistry curriculum. En *Active Learning in the Analytical Chemistry Curriculum* (1), 1–12. ACS Symposium Series. American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/bk-2022-1409.ch001>
- Matienzo, R. (2020). Evolución de la teoría del aprendizaje significativo y su aplicación en la educación superior. *Dialektika: Revista de Investigación Filosófica y Teoría Social*, 2(3), 17–26. <https://journal.dialektika.org/ojs/index.php/logos/article/view/15>
- Monllor Satoca, D., Guillén, E., Lana Villarreal, T., Bonete Ferrández, P. & Gómez Torregrosa, R. (2012). La evaluación por pares (“peer review”) como método de enseñanza-aprendizaje de la Química Física. En *X Jornades de Xarxes d’Investigació en Docència Universitària*, pp. 1288–1302. Universitat d’Alacant. <http://hdl.handle.net/10045/24277>
- Posso Pacheco, R. J. (2022). El rol del docente en el contexto universitario: una visión post pandemia. *MENTOR: Revista de Investigación Educativa y Deportiva*, 1(2), 91–96. <https://doi.org/10.56200/mried.v1i2.3357>
- Sandoval, M. J., Mandolesi, M. E. & Cura, O. (2013). Estrategias didácticas para la enseñanza de la química en la educación superior. *Educación y Educadores*, 16(1), 126–138. <https://doi.org/10.5294/edu.2013.16.1.8>

Soria-Barreto, K. L. & Cleveland-Slimming, M. R. (2020). Percepción de los estudiantes de primer año de ingeniería comercial sobre las competencias de pensamiento crítico y trabajo en equipo. *Formación Universitaria*, 13(1), 103–114. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062020000100103>

Springer, L., Stanne, M. E. & Donovan, S. S. (1999). Effects of small-group learning on undergraduates in science, mathematics, engineering, and technology: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 69(1), 21–51. <https://doi.org/10.3102/00346543069001021>

Tran Lu, L., Clements, K. A., Obenland, C. A., Kincaid, K., Munson, A. & Hutchinson, J. (2024). A comparative study of two active learning approaches for general chemistry. *Journal of Chemical Education*, 101(12), 5183–5191. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00638>

La Educación en la Química en Argentina y en el Mundo

LA EVALUACIÓN Y EL APRENDIZAJE EN QUÍMICA EN EL NIVEL SECUNDARIO Y EN EL NIVEL SUPERIOR

Tesista: Laura Mariela Morales¹

Directora de tesis: Claudia Alejandra Mazzitelli^{1,2}

Codirectora de tesis: Erica Gabriela Zorrilla^{1,2}

1- Universidad Nacional de San Juan (UNSJ)

2- Consejo nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

E-mail: laurammorales15@gmail.com

Recibido: 18/12/2025. Aceptado: 30/12/2025.

ARK CAICYT: <https://id.caicyt.gov.ar/ark:/s23449683/rzde2yklv>

Resumen. Se presenta un breve resumen del trabajo de Tesis de Doctorado en Ciencias de la Educación de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional de Cuyo, defendida y aprobada en noviembre de 2025, realizada por la Prof. Laura Mariela Morales, UNSJ, con la dirección de la Dra. en Educación Claudia A. Mazzitelli, UNSJ-CONICET y codirección de la Dra. en Ciencias de la Educación Erica G. Zorrilla, UNSJ-CONICET.

Esta tesis tuvo como objetivo comprender la vinculación entre la evaluación y el aprendizaje en Química a fin de contribuir con el ingreso y la permanencia en la Universidad. Se realizó un abordaje metodológico mixto, predominantemente cualitativo. La muestra se conformó con docentes de los niveles secundario y superior. Se recolectó y analizó información a partir de las opiniones de los docentes y de sus instrumentos evaluativos. Se identificaron similitudes y diferencias entre ambos niveles educativos en cuanto a sus opiniones e intencionalidad respecto de la práctica evaluativa y en la demanda cognitiva de sus instrumentos escritos. Los resultados permitieron constatar que las evaluaciones en el nivel secundario en Química favorecen aprendizajes memorísticos que dificultarían el desempeño de los estudiantes en el nivel superior. Además, se pudo identificar la tensión entre las RS de los docentes acerca de la evaluación y la práctica evaluativa real influenciada por las exigencias institucionales.

Palabras clave: evaluación, nivel secundario y superior, química, representaciones sociales, demanda cognitiva

Assessment and learning of chemistry at the high school and higher education

Abstract. This thesis aimed to understand the link between assessment and learning in Chemistry in order to contribute to university admission and retention. A mixed-methods approach, predominantly qualitative, was used. The sample consisted of teachers from high school and higher education. Information was collected and analyzed from teachers' opinions and their assessment instruments. Similarities and differences were identified between the two educational levels regarding their opinions and intentions concerning assessment practices and the cognitive demands of their written instruments. The results showed that assessments in secondary Chemistry favor rote learning, which would hinder students' performance at the higher education level. Furthermore, a tension was identified between teachers' perceived views on assessment and actual assessment practices influenced by institutional demands.



Keywords: assessment, high school and higher education, chemistry, social representations, cognitive demand

A avaliação e a aprendizagem em química no ensino médio e no ensino superior

Resumo. Esta tese teve como objetivo compreender a relação entre a avaliação e a aprendizagem em Química, a fim de contribuir para o ingresso e a permanência na universidade. Foi realizado um enfoque metodológico misto, predominantemente qualitativo. A amostra foi constituída por docentes dos níveis médio e superior. As informações foram coletadas e analisadas a partir das opiniões dos professores e de seus instrumentos avaliativos. Identificaram-se semelhanças e diferenças entre ambos os níveis educacionais quanto às opiniões e à intencionalidade em relação à prática avaliativa, bem como à demanda cognitiva dos instrumentos escritos. Os resultados permitiram constatar que as avaliações de Química no ensino médio favorecem aprendizagens de caráter memorístico, o que pode dificultar o desempenho dos estudantes no ensino superior. Além disso, foi possível identificar a tensão entre as representações sociais dos docentes acerca da avaliação e a prática avaliativa real, influenciada pelas exigências institucionais.

Palavras-chave: avaliação, ensino médio e ensino superior, química, representações sociais, demanda cognitiva

INTRODUCCIÓN

En este resumen de tesis se presentan algunos de los resultados de una investigación sobre la relación entre la evaluación en Química y la construcción de los aprendizajes, comparando las representaciones sociales y la práctica evaluativa de docentes de nivel secundario y nivel superior. Además, se buscó inferir el aprendizaje de la Química que se favorece y su influencia en el ingreso y desempeño en el nivel superior.

Se realizó un relevamiento de investigaciones nacionales e internacionales vinculadas a dichos niveles educativos. Entre los obstáculos detectados se encuentran las falencias en la formación previa al ingreso universitario en cuanto a los aprendizajes logrados, evidenciadas a través de la evaluación.

A partir de lo relevado, se planteó la necesidad de realizar una indagación sobre la evaluación en Química que permita inferir qué tipo de aprendizajes se favorecen en la escuela secundaria y qué vinculación tendrían con el desempeño del ingresante a carreras universitarias afines. Además, con el estudio de la evaluación desde una perspectiva psicosocial, se espera identificar el conocimiento que subyace a la práctica evaluativa y poder caracterizarla, teniendo en cuenta las intencionalidades de los docentes y el análisis de la demanda cognitiva asociada a las actividades evaluativas implementadas por ellos.

La evaluación es un proceso de recogida y análisis de evidencias de aprendizaje, que permite emitir un juicio de valor y a partir de este la toma de decisiones (Anijovich y Cappelletti, 2017; Reátegui et al., 2001; Sanmartí, 2007). Esta toma de decisiones, puede referirse a favorecer y reorientar los aprendizajes o bien a acreditar el dominio del conocimiento.

Tradicionalmente la evaluación de los conocimientos en Química se ha centrado en el conocimiento declarativo de conceptos puramente disciplinares, en el uso mecanizado de símbolos y fórmulas y generalmente

no incluye el tratado en contexto de fenómenos químicos, la construcción del conocimiento o la actitud científica para la vida (Ramos Mejía, 2020).

La evaluación no debe contemplar solo los diferentes contenidos aprendidos, sino que también debe considerar los procesos cognitivos que pone en juego un estudiante frente a la situación de aprendizaje de dichos contenidos.

La demanda cognitiva de una tarea se define como el tipo de proceso cognitivo (Rosales Sánchez, Rodríguez Ortega y Romero Ariza, 2020) o el nivel de profundidad del conocimiento que su resolución exige a los alumnos.

Por otra parte, las Representaciones Sociales (RS)-otro referente teórico que se aborda en esta tesis-, son formas particulares de conocimiento práctico, compartidas por un grupo de personas ya que se originan desde la interacción social y con el medio (Abric, 2001; Jodelet, 1986). Se accede a ellas a partir de las opiniones y su estudio permite comprender cómo los sujetos construyen su conocimiento y cómo impacta este en sus comportamientos y actitudes frente a un fenómeno, en este caso la evaluación. En el ámbito de la educación en Ciencias Naturales, se realizaron estudios en las que a partir de las opiniones de los docentes se accede a sus RS, y a partir de ellas inferir la vinculación de éstas con su práctica (Graca et al., 2004). Del mismo modo las RS sociales de los docentes respecto de la evaluación, podrían influir en cómo implementan su práctica.

Los objetivos planteados para esta investigación fueron:

Objetivo general

- Comprender la vinculación entre la evaluación y el aprendizaje en Química a fin de contribuir con el ingreso y permanencia en la Universidad.

Objetivos específicos

- Analizar las evaluaciones de Química en el nivel secundario y en el primer en el primer año de la Universidad.
- Comparar las demandas cognitivas en las evaluaciones de Química.
- Identificar las dificultades en el desempeño de los estudiantes ingresantes a la Universidad.
- Contribuir con la reflexión de los docentes sobre el aprendizaje que favorecen a partir del análisis de sus evaluaciones.
- Inferir a partir de los resultados obtenidos, posibles propuestas para el diseño de evaluaciones que favorezcan el desempeño universitario.

METODOLOGÍA

Se emplearon diversas técnicas de recolección de datos coherentes con un enfoque mixto predominantemente cualitativo, para obtener información acerca de qué saben y opinan sobre la evaluación y cómo actúan los docentes frente al fenómeno estudiado. La muestra estuvo conformada por docentes que se desempeñan en el ciclo orientado de la educación secundaria y en los cursos de ingreso y en primer año de carreras afines a la Química. Las técnicas implementadas fueron las siguientes:

- **Cuestionario.** Incluyó a su vez diferentes técnicas:

- i. Técnica de evocación y jerarquización: se solicitó a los docentes que mencionaran cinco palabras que asocian al término inductor "evaluación" y que las ordenaran de mayor a menor importancia.
 - ii. Técnica de frases incompletas: los docentes debieron completar la frase "Cuando evalúo lo hago para...".
 - iii. Técnica de preguntas de respuesta abierta: dichas preguntas se refirieron a los momentos en que se evalúa y al uso que se les da a los resultados de dichas instancias evaluativas.
 - iv. Técnica de preguntas de opción múltiple con múltiple respuesta: las opciones en este caso estuvieron referidas a instrumentos, actividades evaluativas y modos de corregir.
- i. La técnica de evocación y jerarquización requirió de un procesamiento en el que se elaboraron categorías y luego se calculó su frecuencia de aparición e importancia otorgada (Mazzitelli et al., 2009). A partir de estos cálculos se pudo acceder al contenido y la estructura de las RS asociadas al objeto de estudio.
- ii. y iii. El procesamiento de las respuestas de tipo abiertas requirió de la elaboración de categorías que las incluyeran y posteriormente se realizó el cálculo del porcentaje de frecuencia de aparición de las categorías.
- iv. En el caso de respuestas cerradas de múltiple opción, se calculó el porcentaje de frecuencia de aparición de las opciones dadas.

- **Entrevista:** se trató de una entrevista semiestructurada. Los aspectos que la guiaron están relacionados con los interrogantes planteados en los otros instrumentos de recolección de datos. Esta técnica se aplicó para obtener de los entrevistados (seleccionados entre los que habían participado del cuestionario) más información para profundizar la posterior interpretación del objeto de estudio de esta investigación.

El procesamiento consistió en analizar las expresiones de los docentes para construir categorías, lo que implica una conceptualización sistemática de lo que expresan los entrevistados. Estas categorías permitieron analizar el contenido y posteriormente comparar las respuestas de los grupos de docentes.

- **Recolección de documentos:** Se les solicitó a los docentes que presentaran modelos de las evaluaciones escritas que habitualmente implementan.

Para el procesamiento de estos instrumentos escritos se construyeron categorías de análisis teniendo en cuenta las categorías elaboradas por Mazzitelli et al. (2013) y las recomendaciones propuestas por otros organismos. Con las categorías construidas se procedió al análisis de las consignas de dichos instrumentos y se calculó el porcentaje de docentes que incluyó cada categoría de demanda cognitiva en sus consignas. Este análisis permitió confrontar las actividades evaluativas de los instrumentos con las opiniones y propósitos que declaran los docentes.

RESULTADOS

El análisis de las opiniones expresadas por los docentes y de las evaluaciones escritas elaboradas por los mismos, permitieron alcanzar los objetivos planteados en esta tesis.

Respecto del análisis de la evaluación en ambos niveles educativos: A partir de las opiniones de los docentes se pudo acceder a sus RS sobre la evaluación, que indican que la significación de la evaluación se corresponde con una evaluación formativa mientras que las características del contexto exigen una evaluación para la acreditación de saberes. Esto último se puso de manifiesto cuando se les preguntó a los docentes para qué evalúan y ellos declararon que evalúan principalmente para constatar aprendizajes, lo que pone en evidencia una evaluación asociada principalmente a la medición y la calificación.

Respecto a la demanda cognitiva: Las evaluaciones del nivel secundario muestran poca diversificación en sus consignas, con una presencia importante de la demanda asociada a la memoria y al uso de ejercicios simples y repetitivos; además están focalizadas en un único contenido. Por otro lado, las evaluaciones de primer año de nivel superior presentan mayor diversificación en la demanda, incluyen más de un contenido temático y problemas con una complejidad que requieren de la relación entre conceptos. En ambos niveles se detectaron algunas inconsistencias entre lo que declaran implementar y lo que se observa en los instrumentos escritos. Por ejemplo, expresaron que incluyen principalmente incluyen consignas de transferencia del conocimiento a situaciones particulares y de elaboración de argumentos y conclusiones, y en sus evaluaciones escritas hay mayor cantidad de actividades asociadas al recuerdo memorístico de lo que los docentes reconocen, uso de información contextualizada como introducción a la consigna y diferentes empleos de la justificación según el nivel educativo.

Respecto a identificar las dificultades en el desempeño de estudiantes ingresantes al nivel superior: se determinó que la demanda cognitiva de las consignas en el nivel secundario y en los cursos de ingreso es limitante en cuanto promueve aprendizajes memorísticos y resolución de ejercicios de baja complejidad. Además, los docentes de nivel superior entrevistados dijeron que los estudiantes llegan con deficiencias en conocimiento disciplinar y falta de habilidades matemáticas y de interpretación y relación entre conceptos.

Respecto de la contribución con la reflexión de los docentes: se implementaron instancias de reflexión durante la investigación, en las que los docentes pudieron identificar y disminuir las tensiones relacionadas con las exigencias del sistema educativo, repensar su práctica y confrontarla con sus RS.

Respecto a los aportes para el diseño de evaluaciones: se pudieron inferir las pautas relacionadas con promover espacios de reflexión para analizar la propia evaluación a la luz de los objetivos de aprendizaje planificados, revisar

los diseños para incorporar paulatinamente consigna de mayor demanda cognitiva.

CONCLUSIONES E IMPLICANCIAS

Los resultados obtenidos han permitido constatar la hipótesis que dio inicio a esta investigación respecto a que las evaluaciones en el nivel secundario en Química favorecen aprendizajes memorísticos que dificultan el posterior desempeño de los estudiantes. Además, se pudo identificar la tensión entre las RS de los docentes acerca de la evaluación y su práctica evaluativa real influenciada por las exigencias de las instituciones. Se puso de manifiesto que se impone la presión del sistema educativo en cuanto a la modalidad y los tiempos de la evaluación. Es por esto que el docente, aun cuando tiene otras intenciones, termina evaluando para constatar conocimientos a través de actividades que exigen demandas cognitivas de orden inferior.

El abordaje de la problemática desde un enfoque psicosocial colaboró para comprender las diferencias entre lo declarativo y la práctica concreta. Se espera que esta investigación contribuya a la comprensión del vínculo que existe entre la evaluación y el aprendizaje en Química de modo que se puedan realizar cambios que favorezcan el ingreso y permanencia en la Universidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Abric, J.C. (2001). *Prácticas sociales y representaciones*. Coyoacán.
- Anijovich, R. y Cappelletti, G. (2017). *La evaluación como oportunidad*. Paidós.
- Graca, M., Moreira, M. A. y Caballero, C. (2004). Representações sobre a Matemática, seu ensino e aprendizagem: um estudo exploratório. *Revista Investigacoes em Ensino de Ciencias*, 9(1), 37-93. <http://hdl.handle.net/10183/141301>
- Jodelet, D. (1986). La representación social: fenómenos, concepto y teoría. En S. Moscovici (Ed.), *Psicología Social II*. (pp. 469-494). Paidós.
- Mazzitelli, C., Aguilar, S., Guirado, A. y Olivera, A. (2009). Representaciones sociales de los profesores sobre la docencia: contenido y estructura. *Revista Educación, Lectura y Sociedad*, 6(6) 265-290. <https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/5042>
- Mazzitelli, C., Guirado, A. y Olivera, A. (2013). Las evaluaciones en Física y en Química: ¿qué aprendizaje se favorece desde la enseñanza en la educación secundaria? *Investigações em Ensino de Ciências*, 18(1), 143-159. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/164>
- Ramos Mejía, A. (2020). Enseñar Química en un mundo complejo. *Educación Química*, 31(2), 91-101. <https://10.22201/fq.18708404e.2020.2.7040>
- Reátegui, N.; Arakaki, M. y Flores, C. (2001). El reto de la evaluación. Serie *Psicología y Pedagogía*. Ministerio de Educación del Perú.

Rosales Sánchez, E. M., Rodríguez Ortega, P. G., y Romero Ariza, M. (2020). Conocimiento, demanda cognitiva y contextos en la evaluación de la alfabetización científica en PISA. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 17(2), 2302. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i2.2302

Sanmartí, N. (2007). *10 ideas clave. Evaluar para aprender.* Grao.

La Educación en la Química en Argentina y en el Mundo

XXI REUNIÓN DE EDUCADORES EN LA QUÍMICA DE LA REPÚBLICA ARGENTINA (DE BARILOCHE AL MUNDO)

Patricia Carabelli y María Chantal Carballo

Universidad Nacional de Río Negro, Rio Negro, Argentina

E-mail: pcarabelli@unrn.edu.ar

Recibido: 16/12/2025. Aceptado: 30/12/2025.

ARK CAICYT: <https://id.caicyt.gov.ar/ark:/s23449683/qbcv4jskp>

Resumen. La XXI Reunión de Educadores en la Química de la República Argentina fue organizada por ADEQRA y el Profesorado de Química de la Sede Andina de la Universidad Nacional de Río Negro. Realizada en formato híbrido del 3 al 5 de noviembre de 2025, reunió a más de 200 estudiantes, docentes e investigadores del país y del extranjero. Se presentaron 73 resúmenes distribuidos en tres ejes temáticos, junto con cinco conferencias plenarias, siete conversatorios, dieciséis talleres y tres mesas redondas con profesionales del ámbito científico y educativo. Además, se realizaron visitas a centros tecnológicos y científicos de Bariloche. El encuentro contó con amplio apoyo institucional y finalizó con un reconocimiento a la Dra. Sandra Analía Hernández por su destacada trayectoria en educación en química.

Palabras clave: REQ, investigación y estrategias educativas, innovación

21th meeting of chemistry educators of the Argentine republic (from Bariloche to the world)

Abstract. The XXI Meeting of Chemistry Educators of the Argentine Republic was organized by ADEQRA and the Chemistry Teacher-Training Program of the Andean Campus of the National University of Río Negro. Held in a hybrid format from November 3 to 5, 2025, it brought together more than 200 students, teachers, and researchers from Argentina and abroad. A total of 73 abstracts were presented across three thematic axes, along with five plenary lectures, seven discussion panels, sixteen workshops, and three round tables featuring professionals from the scientific and educational fields. In addition, participants visited technological and scientific centers in Bariloche. The event received broad institutional support and concluded with a tribute to Dr. Sandra Analía Hernández for her outstanding career in chemistry education.

Keywords: REQ, research and educational strategies, innovation

XXI Reunião de educadores em química da República Argentina (de Bariloche para o mundo)

Resumo. A XXI Reunião de Educadores em Química da República Argentina foi organizada pela ADEQRA e pelo Curso de Formação de Professores de Química da Sede Andina da Universidade Nacional de Río Negro. Realizada em formato híbrido, de 3 a 5 de novembro de 2025, reuniu mais de 200 estudantes, docentes e pesquisadores do país e do exterior. Foram apresentados 73 resumos distribuídos em três eixos temáticos, além de cinco conferências plenárias, sete rodas de conversa, dezesseis oficinas e três mesas-redondas com profissionais das áreas científica e educacional. Ademais, foram realizadas visitas a centros tecnológicos e científicos de Bariloche. O encontro contou com amplo apoio institucional e foi encerrado com um reconhecimento à Dra. Sandra Analía Hernández por sua destacada trajetória na educação em química.



Palavras-chave: REQ, pesquisa e estratégias educacionais, inovação

Durante los días 3, 4 y 5 de noviembre de 2025, se llevó a cabo la XXI Reunión de Educadores en la Química de la República Argentina en formato híbrido. El evento fue organizado en conjunto por la Asociación de Docentes en la Enseñanza de la Química de la República Argentina (Asociación Civil ADEQRA) y el Profesorado de nivel medio y superior en Química de la Universidad Nacional de Río Negro (UNRN) en la Ciudad de San Carlos de Bariloche. Esta reunión promueve la actualización y el perfeccionamiento docente a través de un espacio de debate y reflexión sobre experiencias e investigaciones de los distintos actores de la comunidad educativa en química. Esta instancia posibilita estrechar vínculos entre docentes, investigadores y estudiantes que contribuyen al enriquecimiento mutuo.

Esta edición resulta especial debido a que este año se cumplió el décimo aniversario de la partida de Andoni Garritz, cuyo trabajo fue clave para la didáctica de la química y fue un educador muy querido por toda la comunidad. Se decidió así, rendirle homenaje para reconocer su legado inquebrantable como docente y su visión ética para la enseñanza. Su inspiración guio la organización de este encuentro que tuvo como lema: "*En homenaje a Andoni Garritz, volver a pensar un futuro posible para la enseñanza de la química*".

En esta oportunidad, la reunión fue reconocida como actividad de la Sede Andina de la UNRN según la Disposición UNRN-AND 612-2025. Fue declarada de interés educativo por el Concejo municipal de Bariloche (353/25), la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (Resol-2025-80-GCCABA-SSGDA), la Provincia de Buenos Aires (Resol-2025-3838-GDEBA-DGCYE), la Provincia de Chubut (Res. ME:1347), Provincia de Rio Negro (Res. 5462-25), la Provincia de Entre Ríos (Res. 3483 CGE) y por la Provincia de Santa Cruz (Res. N°2750-25). Se presentó el pedido de aval en todas las jurisdicciones del país, la respuesta positiva fue alta.

Por otra parte, fue declarada de interés institucional por Comisión de Carrera de los Profesorados de Enseñanza Media y Superior FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES y por el Instituto de Filosofía "Dr. Alejandro Korn" Facultad de Filosofía y Letras (UBA). Reconocimientos que sientan precedente para seguir sumando auspicios, declaraciones de interés, puntaje docente y aval para las inasistencias correspondientes.

También contó con los avales y acompañamiento de las siguientes instituciones: la Asociación Química Argentina (AQ), el Consejo Universitario de Ciencias Exactas y Naturales (CUCEN), la asociación de Docentes de Ciencias Biológicas de Argentina (ADBIA), el Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias (CEFIEC), la Asociación de Profesores de Física de la Argentina (APFA), Mesa Interamericana de Diálogo por la Educación científica (MIDEC), el Laboratorio de Investigación en Didáctica de las Ciencias Naturales (LIDCiN), la Cátedra UNESCO de Educación Científica para América Latina y el Caribe (EDUCALYC), el Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica (CIAEC) y el Consorcio de Grupos de Investigación de Educación en Ciencias Naturales (CONGRIDEC). A todos ellos nuestro mayor agradecimiento.

La XXI REQ reunió a más de 200 participantes provenientes de distintas regiones del país y del extranjero. Asistieron docentes de todos los niveles educativos, estudiantes de grado y posgrado, investigadores/as, editores/as de revistas dedicadas a la enseñanza de la química y de las ciencias y autoridades de la institución organizadora y las organizaciones acompañantes. En cuanto a los y las asistentes de nuestro país, encontramos participantes provenientes de veintidós de las veinticuatro jurisdicciones nacionales (Figura 1). Además, se contó con la participación de representantes de México, Chile, Brasil, Uruguay, Haití, Colombia y España. En el siguiente mapa interactivo puede visualizarse la amplia diversidad geográfica de procedencias, una evidencia más de la magnitud que adquiere un evento con modalidad híbrida y de las oportunidades de intercambio que posibilita. [La REO en el mapa](#)



Figura 1. Provincias de la República Argentina y países representadas por docentes, investigadores y/o estudiantes en la XXI REO. Acceso al mapa: [La REO en el mapa](#)

El Comité Académico estuvo integrado por veintiocho reconocidos investigadores argentinos y extranjeros cuya tarea fue evaluar los trabajos enviados y dar prestigio a nuestra reunión.

Se presentaron más de 80 trabajos (de los cuales se aceptaron 73 en sus versiones finales) enmarcados en los tres ejes temáticos:

E1 - *Qué enseñamos:*

- Historia y filosofía de la química.

- Problemáticas actuales en la investigación en Química.
- Debates curriculares de la enseñanza de la química en los distintos niveles y de la formación docente.
- La enseñanza de la química en contextos de interdisciplina.

E2 - Cómo y para quiénes es la enseñanza, y quiénes enseñamos:

- Aprendizaje de la química.
- Enseñanza y evaluación de la química.
- Inclusión en la enseñanza de la química.
- Formación docente.

E3 - Para qué mundo:

- Inteligencia artificial y robotización.
- Química y sociedad.
- Química y sostenibilidad.
- Extensión y enseñanza de la química.
- Extensión y formación docente.

Como era de esperar el eje 2 fue el que más trabajos cosechó, compartiendo una gran cantidad de experiencias en relación con enfoques y metodologías diversas en cuanto a la planificación y la evaluación, tanto en experiencias de aula como en investigaciones (Figura 2).

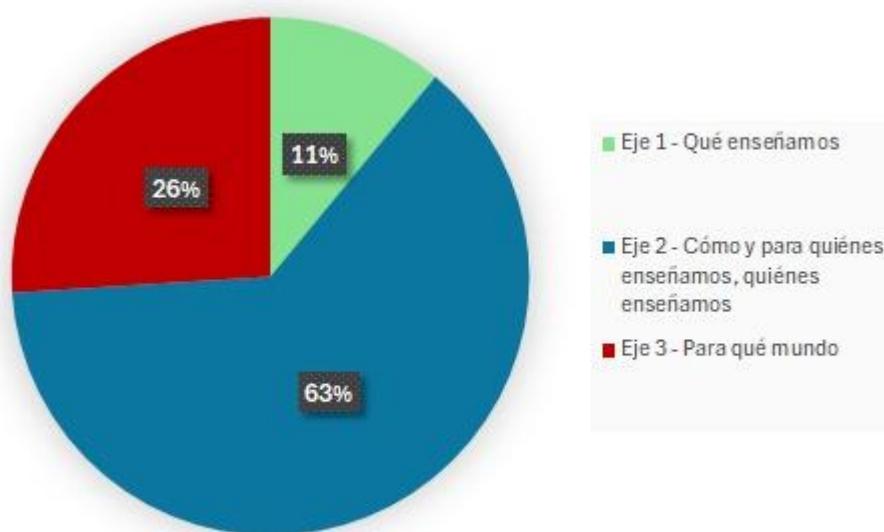


Figura 2. Representación de cantidad de trabajos por ejes en la XXI REQ

En relación con la modalidad de presentación, se observó una participación

equilibrada entre trabajos presenciales y virtuales. Esto demuestra que la disponibilidad de ambas opciones amplía las oportunidades de participación de la comunidad educativa (Figura 3).

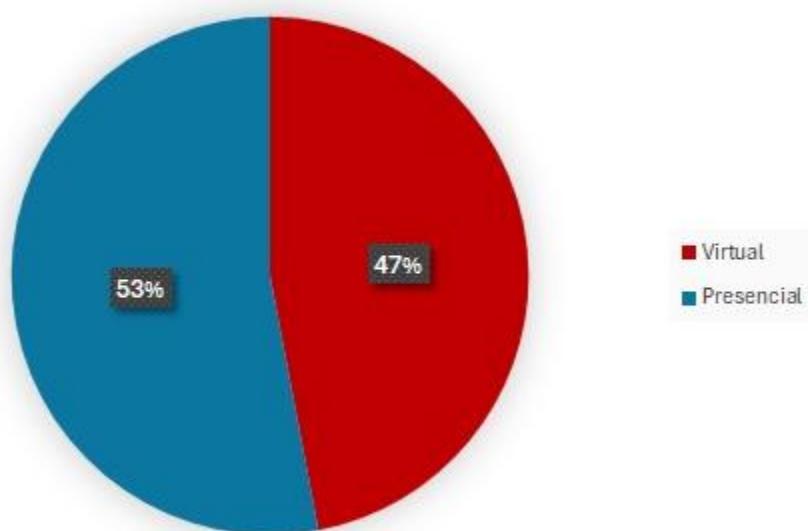


Figura 3. Modalidad de presentación de trabajos en la XXI REQ

En virtud de organizar las mesas de discusión de trabajos de forma tal que fuera un espacio enriquecedor se organizaron cuatro mesas virtuales y cuatro mesas presenciales con como máximo 10 trabajos cada una. La clasificación se realizó en función de las temáticas desarrolladas por los y las autores/as independientemente del eje que hubieran elegido (Tabla 1). En ambas modalidades, además de los trabajos, los y las expositoras elaboraron un video que luego fue compilado en el campus virtual (pueden acceder a las compilaciones a través de los enlaces). A partir de ese material, los y las moderadoras de mesa prepararon preguntas orientadas a promover discusiones que articulen y vinculen los aportes de todos los trabajos presentados.

Tabla 1. Mesas de discusión de trabajo

| Mesa virtuales | Mesas presenciales |
|--|---|
| <u>Formación docente y desarrollo profesional</u> | <u>Curículum, representación del conocimiento y formación docente</u> |
| <u>Innovación Didáctica y Recursos Tecnológicos/Inclusivos</u> | <u>Metodologías activas y prácticas experimentales</u> |
| <u>Desafíos en el Ingreso, Evaluación y Transición Educativa</u> | <u>Diagnósticos y Evaluaciones</u> |
| <u>Química en Contextos Socio Científicos, Ambientales y Extensión</u> | <u>Educación ambiental, sostenibilidad y STEAM</u> |

Además, especialistas de distintas universidades de América Latina y España

expusieron conferencias en las que abordaron cuestiones de interés actual enmarcadas en los ejes propuestos:

- Dr. José Antonio Chamizo Guerrero (UNAM): "¿Qué enseñamos y qué deberíamos enseñar?" - Eje 1
- Dra. Ainhoa Marzabal (PUC): "La Química escolar en revisión: hacia un currículo con sentido ciudadano" - Eje 1
- Dra. Maria das Graças Cleophas (UNILA): "Didatização Lúdica no Ensino de Química: Explorando a 'Arquitetura Molecular da Aprendizagem' para o Século XXI" - Eje 2
- Dra. Teresa Lupián Cobos (UMA): "Emociones y ciencias en educación científica. Aproximaciones desde estudios en indagación y STEM" - Eje 2
- Dr. Andrés Raviolo (UNRN): "Razonamientos y representaciones para mejorar la comprensión de conceptos químicos" - Eje 2

Mientras que para el Eje 3 se convocó a la disertación en mesas redondas de discusión con profesionales en distintas áreas:

- "Investigación en química en la región patagonia norte" cuyas disertantes fueron: Dra. María Florencia Agosto, Dra. María Luciana Carignano, Dra. Cintia Ravasi, Dra. Cristina Guibaldo y la Dra. Daniela A. Nichela.
- "Reunión de asociaciones de docentes de química de latinoamérica" Cuyos disertantes fueron: Mg. Teresa Quintero (ADEQRA-Argentina), Prof. Sair Aparicio (ADEQ-Uruguay), y el Dr. Bruno dos Santos Pastoriza (SBEnQ-Brasil).

Asimismo, se ofreció un espacio dedicado a la revista de ADEQRA también en formato mesa redonda.

- "Leer y publicar en la revista EDENLAQ" cuyos disertantes fueron: Dra. María Gabriela Lorenzo, Dr. Germán Hugo Sánchez, Mg. Andrea Ciriaco y Mg. Norma Jones.

En esta edición la oferta formativa tomó diferentes formatos, se dictaron 16 talleres, virtuales sincrónicos, virtuales asincrónicos y presenciales y se realizaron 7 conversatorios orientados a debatir problemáticas inherentes al quehacer docente. Este último formato es un espacio novedoso dentro de la REQ, y se considera especialmente valioso debido a que permite dar voz a los diferentes actores que integran la comunidad educativa de la química. Tanto los talleres como los conversatorios fueron propuestos por docentes, investigadores y estudiantes inscriptos a la REQ:

Talleres

- ¿Qué evaluamos cuando evaluamos?
- ¿Cómo enseñamos lo que incomoda? Explorando la enseñanza de problemas socio científicos.

- Diseño de actividades metacognitivas en clases teóricas y prácticas de química.
- Átomos unidos y saberes conectados: propuesta para el abordaje de enlaces químicos y formación de compuestos.
- El juego como herramienta (escape room).
- Cuentos y experiencias para interpretar la ciencia en contextos formales y no formales.
- Enseñanza y aprendizaje de la química mediante la implementación y evaluación de un fascículo multimodal.
- Enseñar química con laboratorios remotos.
- Perspectivas y prácticas en la enseñanza de las ciencias naturales en contexto.
- Aprender con otros: prácticas docentes en clave interdisciplinaria.
- De la cocina al laboratorio: una propuesta abp para producir biodiesel a partir de aceite usado.
- Claves para el diseño de materiales didácticos hipermediales en la enseñanza de la química.
- La utilización de la ia generativa en aulas de química del nivel secundario.
- Competencias en acción: enseñar y evaluar química en carreras científicas-tecnológicas.
- Imágenes y enseñanza de la química.

Conversatorios

- La enseñanza de la química en los currículum de argentina. Tensiones, desafíos y oportunidades para su enseñanza.
- Diseñar para aprender: el docente como diseñador de experiencias de usuario en la enseñanza de la química.
- Los estudiantes de química que no estudian química.
- ¿Qué deberíamos enseñar en el campo de formación específica de los profesorados de educación en química?
- ¿Qué deberíamos enseñar en el campo de formación específica de los profesorados de educación en química?

- La inclusión en la enseñanza de la química, un debate necesario y urgente.
- Desafíos y perspectivas actuales de los profesorados de química.

Los resúmenes, tanto de los trabajos presentados como de las conferencias, mesas redondas y actas de conversatorios serán publicados en el libro de memorias de la XXI REQ, desde la Editorial de la UNRN.

Es importante destacar, también en esta edición, la participación activa del estudiantado del Profesorado de Química. Además de ser parte de la organización, presentaron propuestas que las tuvieron como protagonistas. Así su intervención resultó vital para el desarrollo del encuentro. Algunas propuestas fueron:

- Las estudiantes Zoe R. Guevara Prado y Florencia I. Roldán, presentaron el taller “De la cocina al laboratorio: una propuesta ABP para producir biodiesel a partir de aceite usado”, asesoradas por la Lic. Chantal Carballo. Para su diseño, las estudiantes se basaron en un trabajo práctico realizado en Química Orgánica y retomaron el marco teórico trabajado en los espacios de Taller de Práctica Docente y Didáctica de la Química.
- Las estudiantes Camilia M. Chirino y Stefanía Rojo Collado organizaron un conversatorio específicamente dirigido a estudiantes de profesorados de química con el propósito de promover la reflexión y el intercambio acerca de las problemáticas comunes que atraviesan las formaciones docentes del país.
- Las estudiantes Ingrid Real Rodríguez y Camila Román, acompañadas por Zoe R. Guevara Prado y Florencia I. Roldán, y con el asesoramiento de Patricia Carabelli, llevaron adelante diversas actividades de divulgación del conocimiento químico. Esta propuesta estuvo abierta al público general y contó con la participación de ciudadanos y ciudadanas que se acercaron tras conocer la invitación por distintos medios de comunicación.

Otro aspecto novedoso de esta edición fueron las visitas programadas. Dado que Bariloche constituye un polo científico que alberga instituciones dedicadas a la investigación científica y tecnológica, siendo la ciudad con mayor densidad de científicos/as en la población, consideramos fundamental que quienes participaron presencialmente pudieran conocer estos espacios como parte de su actualización docente. Se realizaron visitas al Centro Atómico Bariloche, la empresa INVAP y al Complejo Tecnológico Pilcaniyeu, donde se encuentra la planta de enriquecimiento de uranio.

Cabe señalar que también se realizó la Asamblea Anual Ordinaria de la Asociación, en la cual la Presidencia presentó el balance anual de cuentas correspondiente al ejercicio vigente. Asimismo, se llevó a cabo el recambio de autoridades conforme a lo establecido en el artículo 32 del Estatuto.



Figura 4. Fotos de las actividades y del evento. Acceso a las fotos

Premio Dra. Luz Lastres al “Reconocimiento a la trayectoria y promoción de la enseñanza de la Química”

Desde la XVIII REQ se reconoce a aquellas socias y socios con trayectorias destacadas que han contribuido a la Asociación de Docentes en la Química de la República Argentina (ADEQRA). En esta edición el premio Dra. Luz Lastres fue otorgado a la Dra. Sandra Hernández por su gran aporte y su trayectoria destacada en la enseñanza de la química:

La Dra. Sandra Hernández es Doctora, Ingeniera, Licenciada y Profesora en Química por la Universidad Nacional del Sur (UNS), donde se desempeña como docente-investigadora y Profesora Adjunta exclusiva en el Departamento de Química, además de integrar el Instituto INQUISUR (CONICET-UNS). Está a cargo de asignaturas y seminarios de grado y posgrado en didáctica de la química y tecnologías educativas, y cumple funciones de asesoramiento pedagógico en las residencias docentes.

Coordina el Gabinete de Didáctica de la Química, dirige proyectos de investigación y extensión, es coinventora de una patente orientada a la accesibilidad y posee una extensa producción académica que incluye libros, capítulos y numerosas publicaciones científicas. Desde 2019 es responsable de la División Educación de la Asociación Química Argentina y participa

activamente como evaluadora en revistas y programas de investigación nacionales e internacionales. Además, es colaboradora activa de la revista de ADEQRA, Educación en la Química (Hernández y Martín, 2021; Farenzena et al., 2022; Acosta y Hernández, 2023; Ils y Hernández, 2023).

Ha recibido múltiples distinciones por su trayectoria, entre ellas los premios “Educación en Química 2017”, “Educación en Química 2023 – Consagración” y el reconocimiento como “Mujer destacada 2017” por su aporte a la educación en la comunidad bahiense.

Palabras Finales

El espíritu de esta edición de la REQ fue el de construir un espacio en el que todas las voces pudieran ser escuchadas y donde el intercambio se diera desde la colaboración y el reconocimiento mutuo. En un momento particularmente oscuro para la investigación científica y para la educación en nuestro país, la realización de este encuentro constituye un acto de resistencia. Esta REQ fue posible gracias al esfuerzo sostenido y al compromiso de un grupo de docentes, estudiantes y graduadas/os que trabajaron con convicción y, muchas veces, “por amor al arte”.

Su dedicación fue fundamental para que la reunión pudiera llevarse a cabo con la calidad y la calidez que la caracterizaron. En estos tiempos, resulta imprescindible sostener la unidad, fortalecer los vínculos y seguir creando espacios de encuentro y construcción colectiva. Este cierre reafirma el compromiso compartido para futuras ediciones, impulsando lecciones aprendidas y acciones concretas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, W., & Hernández, S. A. (2023). Período de Recuperación Apoyado por STEAM en Contexto de Pandemia. *Educación en la Química*, 29(02), 97-106.
<https://educacionenquimica.com.ar/index.php/edenlaq/article/view/54>
- Farenzena, S., Sofía, C., & Hernández, S. A. (2022). Cosmética e Interdisciplina: Primeros Pasos de un Escenario Posible. *Educación en la Química*, 28(02), 123-133.
<https://educacionenquimica.com.ar/index.php/edenlaq/article/view/51>
- Hernández, S. A., & Martín, N. V. (2021). Residencia, juegos y pandemia. *Educación en la Química*, 27(01), 77-84.
<https://educacionenquimica.com.ar/index.php/edenlaq/article/view/16>
- Ils, C. V., & Hernández, S. A. (2023). Las Leyes de los Gases en Estado Remoto. *Educación en la Química*, 29(02), 107-116.
<https://educacionenquimica.com.ar/index.php/edenlaq/article/view/61>

La Educación en la Química en Argentina y en el Mundo

VOCES DEL TERRITORIO: LA COMUNIDAD DE QUÍMICA ESTUVO PRESENTE EN EL XIX ENCUENTRO INTERNACIONAL DE PROFESORADOS (FCEN-UBA)

Alcira Beatriz Ferrari

Instituto Superior de Formación Docente N° 29 Graciela Gil. Merlo, Buenos Aires, Argentina

E-mail: abeatrizferrari@gmail.com

Recibido: 16/11/2025. Aceptado: 18/12/2025.

ARK CAICYT: <https://id.caicyt.gov.ar/ark:/s23449683/74ixorkbg>

Resumen. Se presenta un relato de la jornada compartida en el XIX Encuentro Internacional de Profesorados organizado en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires celebrado en noviembre de 2025. Profesores y estudiantes tuvieron la oportunidad de reflexionar sobre la enseñanza de las ciencias a partir de los desafíos socioambientales del presente, en un marco que también puso en relieve, los aprendizajes, intercambios y diálogos territoriales que fortalecen la formación docente en ciencias.

Palabras clave: formación docente, intercambios pedagógicos, química y territorio, experiencia formativa

Voices from the territory: The Chemistry community was present at the XIX International Meeting of Teachers (FCEN-UBA)

Abstract. A narrative is presented of the shared day at the XIX Encuentro Internacional de Profesorados organized at the Facultad de Ciencias Exactas y Naturales of the Universidad de Buenos Aires, held in November 2025. Professors and students had the opportunity to reflect on science teaching in light of present socio-environmental challenges, within a framework that also underscored the learning, exchanges, and territorial dialogues that strengthen science teacher education.

Keywords: teacher training, pedagogical exchanges, chemistry and territory, training experience

Vozes do território: a comunidade de química esteve presente no XIX Encontro Internacional de Professorados (FCEN-UBA)

Resumo. Apresenta-se um relato da jornada compartilhada no XIX Encontro Internacional de Professorados, organizado na Faculdade de Ciências Exatas e Naturais da Universidade de Buenos Aires, realizado em novembro de 2025. Professores e estudantes tiveram a oportunidade de refletir sobre o ensino de Ciências a partir dos desafios socioambientais do presente, em um contexto que também destacou aprendizagens, intercâmbios e diálogos territoriais que fortalecem a formação docente em Ciências.

Palavras-chave: formação docente, intercâmbios pedagógicos, química e território, experiência formativa



CRÓNICA DEL ENCUENTRO

Los días 12, 13 y 14 de noviembre de 2025, la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (FCEN-UBA) volvió a convertirse en un punto de convergencia para docentes, investigadores, estudiantes de profesorados y especialistas en didáctica de las ciencias de Argentina y Uruguay, entre otros. Allí se desarrolló el *XIX Encuentro Internacional de Profesorados de Enseñanza Superior, Media y Primaria en Ciencias Naturales, Matemática y Tecnología*, en articulación con la *Semana de la Enseñanza de las Ciencias*, un espacio que desde hace años funciona como puente entre la formación docente, la investigación y la innovación educativa.

En esta edición, paneles, talleres, conferencias y presentaciones de pósteres trazaron un recorrido diverso y actualizado sobre los desafíos contemporáneos de enseñar ciencias en un mundo atravesado por tensiones sociales, ambientales y culturales. Temas como ESI y Educación Ambiental Integral, transformación escolar, interculturalidad, cambio climático, ecotoxicología, tecnologías digitales, Arduino, microscopía con celular e IA conformaron un mosaico de enfoques que reveló el dinamismo del campo educativo.

Uno de los paneles más convocantes fue "*La tarea docente y la formación del profesorado en ciencias: desafíos actuales*", integrado por Marcelo Bazán (UNAHUR), Marcela Soledad Araujo (UNS) y Natalia Ospina (USB-Colombia), quienes debatieron sobre el rol docente en escenarios educativos complejos y en constante cambio. La jornada culminó con la conferencia de la Prof. Sandra Escovedo (Universidad Federal Fluminense, Brasil), quien analizó críticamente cómo las presiones neoconservadoras reconfiguran los marcos curriculares y tensionan la labor docente (Rodrigues et al., 2025).

UNA EXPERIENCIA FORMATIVA EN PRIMERA PERSONA: MIRADAS, INTERCAMBIOS Y RECONOCIMIENTO DE NUEVAS REALIDADES

Entre pasillos concurridos, voces que se cruzaban y paneles que comenzaban a tomar forma, nuestro grupo de estudiantes de profesorado acompañado por dos de sus docentes se sumó a los equipos que participaron de la jornada con la presentación de un póster. La mañana inició con la acreditación, el armado del espacio y la puesta a punto de los materiales de apoyo. Desde temprano, las y los estudiantes asumieron la responsabilidad del rol que les tocaba ocupar: comunicar ciencia, explicar procesos y sostener un intercambio profesional con el público que se acercara (Figura 1).



Figura 1. Izquierda) Poster presentado en el Encuentro. Derecha) Grupo participante

Con el correr de las horas, el stand se convirtió en un punto de interés para docentes, investigadores, autoridades y estudiantes de distintos profesorados. La propuesta, centrada en la articulación entre química ambiental, problemáticas territoriales (de França Souza et al., 2021, Rocha y Cardoso, 2021) y formación docente, generó preguntas, comentarios y discusiones que dieron lugar a una interacción dinámica y genuina.

En este marco, la presencia de los participantes al Encuentro aportó un matiz especialmente enriquecedor. Su intervención abrió paso a un diálogo técnico y metodológico que permitió revisar condiciones experimentales, pensar mejoras posibles y reforzar criterios de seguridad fundamentales, incluida la importancia de impedir que el estudiantado manipule directamente reactivos tóxicos.

El intercambio comparativo permitió reconocer los contrastes y puntos de contacto entre realidades educativas distintas. La desmotivación estudiantil, dificultades de convivencia, limitaciones materiales y desafíos cotidianos de la docencia se pusieron en diálogo con nuestras propias situaciones locales. Ese ida y vuelta dejó en evidencia que la enseñanza de la química no se desarrolla en abstracto, sino que está atravesada por contextos específicos, por tensiones socioculturales y por condiciones institucionales que moldean lo que ocurre en el aula.

En esta conversación, se volvió evidente la necesidad de reconocer nuevas realidades como parte del ejercicio formativo. Comprender otros escenarios sus desafíos, restricciones y posibilidades, no solo amplía la mirada pedagógica, sino que invita a construir propuestas más sensibles, situadas y transformadoras. La jornada, así, no fue solo una instancia de divulgación, también fue un espacio para pensar colectivamente acerca de cómo enseñar y aprender química en un mundo diverso y en permanente cambio.

UN APRENDIZAJE QUE TRASCIENDE EL PÓSTER

Para las y los estudiantes, la participación en el Encuentro trascendió ampliamente la instancia de presentar un póster: se convirtió en una experiencia formativa integral, en la que comunicar ciencia en un entorno académico real, frente a interlocutores diversos y exigentes, se transformó en un ejercicio concreto de profesionalización. La jornada permitió fortalecer competencias clave para la formación docente, como la argumentación, la defensa oral, el trabajo colaborativo y la alfabetización científica, al tiempo que favoreció una articulación sostenida entre teoría, práctica, problemáticas socioambientales y metodología científica. En ese recorrido, cobraría especial sentido el reconocimiento del territorio como fuente legítima de conocimiento y como espacio donde la química adquiere profundidad social, permitiendo que la experiencia educativa dialogue con realidades concretas y con necesidades genuinas de las comunidades. A su vez, la interacción entre docentes del profesorado, universidades y profesionales del campo químico consolidó una red de trabajo que excede el marco del evento y se proyecta hacia nuevas iniciativas de investigación y enseñanza, ampliando horizontes y habilitando futuros espacios de colaboración académica.

UN CIERRE QUE ABRE CAMINOS

El *XIX Encuentro Internacional de Profesorados* volvió a demostrar la potencia de construir espacios donde la docencia y la ciencia dialogan, se desafían y se enriquecen mutuamente. Para quienes integran el profesorado de Química, la jornada representó mucho más que una instancia académica: fue una oportunidad de crecimiento, reflexión y reconocimiento de nuevas realidades que atraviesan la práctica educativa. En un contexto donde las problemáticas socioambientales demandan respuestas pedagógicas situadas, la experiencia reafirmó que la enseñanza de las ciencias, cuando se piensa desde el territorio, en vínculo con las comunidades y sus desafíos concretos, puede convertirse en una herramienta poderosa para formar docentes críticos, sensibles y comprometidos. En esa dirección, el Encuentro no solo dejó aprendizajes, sino también la convicción de que espacios como este son fundamentales para seguir construyendo una educación científica más humana, relevante y transformadora.

REFERENCIAS

- de França Souza, P. A., Neto, J. L. A. & Cardoso, A. A. (2021). A Simple Technique Based on Digital Images for Determination of Nitrogen Dioxide in Ambient Air. *Water Air Soil Pollut*, 232, 72. <https://doi.org/10.1007/s11270-021-05031-4>
- Rocha, C., & Cardoso, A. (2021). Gases de nitrogênio reativo como precursores do aerossol atmosférico: reações de formação, processos de crescimento e implicações ambientais. *Química Nova*. 44(4), 460-472. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170692>
- Rodrigues, D. A. M., Sandra, L. L., & Selles, E. (2025). Enfrentamento ao negacionismo científico e a promoção da alfabetização científica e tecnológica nos currículos estaduais de ciências do Nordeste brasileiro.

Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 24(1), 99-122.
https://reec.uvigo.es/volumenes/volumen24/REEC_24_01_06_ex2222_1094.pdf

La Educación en la Química en Argentina y en el Mundo

EL PREMIO NOBEL DE QUÍMICA 2025

Luz Lastres

Universidad de Buenos Aires, Argentina.

E-mail: klastres@gmail.com

Recibido: 09/11/2025. Aceptado: 11/12/2025.

ARK CAICYT: <https://id.caicyt.gov.ar/ark:/s23449683/1r26xasqj>

Resumen. A partir de la publicación de la Real Academia de Ciencias sueca, se presenta el trabajo por el cual fue otorgado Premio Nobel de Química en 2025. En esta edición se reconocieron las investigaciones sobre el desarrollo de estructuras organometálicas porosas (MOFs) llevadas adelante por Susumu Kitagawa, Richard Robson y Omar M. Yaghi. Estas sustancias resultan muy relevantes para afrontar problemas como el cambio climático debido a su capacidad de captación de gases como el CO₂, de purificación de aguas, entre otras.

Palabras clave: estructuras organometálicas (MOFs), estructuras porosas, remoción de contaminantes

The Nobel Prize in Chemistry 2025

Abstract. Based on the publication of the Royal Swedish Academy of Sciences, this paper presents the work for which the 2025 Nobel Prize in Chemistry was awarded. In this edition, the prize recognized research on the development of porous organometallic structures, known as metal–organic frameworks (MOFs), carried out by Susumu Kitagawa, Richard Robson, and Omar M. Yaghi. These substances are highly relevant for addressing global challenges such as climate change, due to their capacity for gas capture—particularly CO₂—as well as for water purification, among other applications.

Keywords: metalorganic frameworks (MOFs), porous structures, pollutant extraction

O Prêmio Nobel de Química de 2025

Resumo. A partir da publicação da Real Academia Sueca de Ciências, apresenta-se o trabalho pelo qual foi concedido o Prêmio Nobel de Química de 2025. Nesta edição, foram reconhecidas as pesquisas sobre o desenvolvimento de estruturas organometálicas porosas (MOFs), conduzidas por Susumu Kitagawa, Richard Robson e Omar M. Yaghi. Essas substâncias são altamente relevantes para o enfrentamento de problemas como as mudanças climáticas, devido à sua capacidade de captura de gases como o CO₂, de purificação de águas, entre outras aplicações.

Palavras-chave: estruturas organometálicas (MOFs), estruturas porosas, remoção de contaminantes

Información publicada por la Real Academia Sueca de Ciencias:

Science Editors: Peter Brzezinski, Heiner Linke, Olof Ramström and Xiaodong Zou, the Nobel Committee for Chemistry

Text: Ann Fernholm

Translation: Clare Barnes

Illustrations: Johan Jarnestad

Editor: Alicia Hegner

© The Royal Swedish Academy of Sciences



La Real Academia de Ciencias Sueca otorgó el Premio Nobel de Química 2025 a Susumu Kitagawa, Kyoto University de Japón, Richard Robson de la Universidad de Melbourne, Australia y a Omar M. Yaghi de la Universidad de California, Berkeley, Estados Unidos (Figura 1) por el desarrollo de nuevos materiales organometálicos porosos.

SUSUMU KITAGAWA



RICHARD ROBSON



OMAR M. YAGHI



Nacido en 1951 en Kioto, Japón.
Doctorado en 1979 por la Universidad de Kioto, Japón. Profesor de la Universidad de Kioto, Japón.

Nacido en 1937 en Glusburn, Reino Unido.
Doctorado en 1962 por la Universidad de Oxford, Reino Unido.
Profesor de la Universidad de Melbourne, Australia.

Nacido en 1965 en Amán, Jordania.
Doctorado en 1990 por la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign, EE. UU.
Profesor de la Universidad de California, Berkeley, EE. UU.

Figura 1. Galardonados con el Premio Nobel de Química 2025. Fuente. III. Niklas Elmehed © Nobel Prize Outreach <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/>

Pequeño repaso

Los compuestos organometálicos son conocidos desde el siglo XIX, principalmente por las investigaciones de Frankland. Se definen como compuestos que poseen al menos un enlace entre un átomo de carbono (orgánico) y un metal y tuvieron amplio desarrollo durante el siglo XX con los organomagnesianos de Víctor Grignard, los antidetonantes con plomo para los combustibles (tetraetilo de plomo) y variados catalizadores.

Este campo que supera los límites entre la química inorgánica y la orgánica fue reconocido con la entrega del premio Nobel de Química a Wilkinson y Fischer en 1973 por sus investigaciones sobre los compuestos organometálicos tipo "sándwich" (Chamizo, 2018, Corona-González y Rufian, 2024).

Nuevas arquitecturas moleculares para la química

Susumu Kitagawa, Richard Robson y Omar M. Yaghi recibieron el Premio Nobel de Química 2025 por el desarrollo de un nuevo tipo de arquitectura molecular. Las estructuras organometálicas que crearon contienen grandes cavidades por las que las moléculas pueden fluir hacia adentro y hacia afuera. Los investigadores las han utilizado para extraer agua del aire del desierto, extraer contaminantes del agua, capturar dióxido de carbono y almacenar hidrógeno.

“Un atractivo y espacioso estudio, diseñado específicamente para tu vida como molécula de agua”: así es como un agente inmobiliario describiría una de las estructuras metalorgánicas que laboratorios de todo el mundo han desarrollado en las últimas décadas. Otras estructuras de este tipo están diseñadas específicamente para capturar dióxido de carbono, separar PFAS (sustancias perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas) del agua, administrar fármacos en el cuerpo o gestionar gases extremadamente tóxicos. Algunas pueden atrapar el gas etileno de la fruta, para que madure más lentamente, o encapsular enzimas que descomponen trazas de antibióticos en el ambiente.

En pocas palabras, estas estructuras organometálicas son excepcionalmente útiles. Susumu Kitagawa, Richard Robson y Omar Yaghi recibieron el Premio Nobel de Química 2025 por crear las primeras estructuras metalorgánicas (MOF) y demostrar su potencial. Gracias al trabajo de los galardonados, los químicos han podido diseñar decenas de miles de MOF diferentes, lo que ha facilitado nuevas maravillas químicas.

Como suele ocurrir en las ciencias, la historia del Premio Nobel de Química 2025 comienza con alguien que pensó de forma innovadora. En esta ocasión, la inspiración surgió durante los preparativos de una clase clásica de química, en la que los estudiantes debían construir moléculas a partir de barras y esferas.

Un simple modelo de madera de una molécula genera una idea

Corría el año 1974. Richard Robson, profesor de la Universidad de Melbourne (Australia), recibió el encargo de convertir bolas de madera en modelos de átomos para que los estudiantes pudieran crear estructuras moleculares. Para ello, necesitaba que el taller de la universidad les perforara agujeros para que las varillas de madera (los enlaces químicos) se unieran a los átomos. Sin embargo, los agujeros no podían colocarse al azar. Cada átomo (como el carbono, el nitrógeno o el cloro) forma enlaces químicos de una manera específica. Robson necesitaba marcar dónde debían perforarse los agujeros.

Cuando el taller le devolvió las bolas de madera, las probó para construir algunas moléculas. Fue entonces cuando tuvo una revelación: había una gran cantidad de información incorporada en la posición de los agujeros. Las moléculas modelo tenían automáticamente la forma y la estructura correctas gracias a la ubicación de los agujeros. Esta revelación lo llevó a su siguiente idea: ¿qué pasaría si utilizara las propiedades inherentes de los átomos para unir diferentes tipos de moléculas, en lugar de átomos individuales? ¿Podría diseñar nuevos tipos de construcciones moleculares?

Robson construye innovadoras creaciones químicas

Cada año, cuando Robson sacaba las maquetas de madera para enseñar a los nuevos estudiantes, se le ocurría la misma idea. Sin embargo, pasó más de una década antes de que decidiera ponerla a prueba. Empezó con un modelo muy sencillo, inspirado en la estructura de un diamante, en el que cada átomo de carbono se une a otros cuatro, formando una diminuta pirámide.

El objetivo de Robson era construir una estructura similar, pero basada en iones de cobre con carga positiva, Cu⁺. Al igual que el carbono, prefieren estar rodeados por otros cuatro átomos. Combinó los iones de cobre con una molécula de cuatro brazos: 4', 4'', 4''', 4''''-tetracianotetrafenilmetano. No hace falta recordar su complicado nombre, pero es importante que la molécula al final de cada brazo tuviera un grupo químico, el nitrilo (-CN), que era atraído por los iones de cobre con carga positiva (Figura 2).

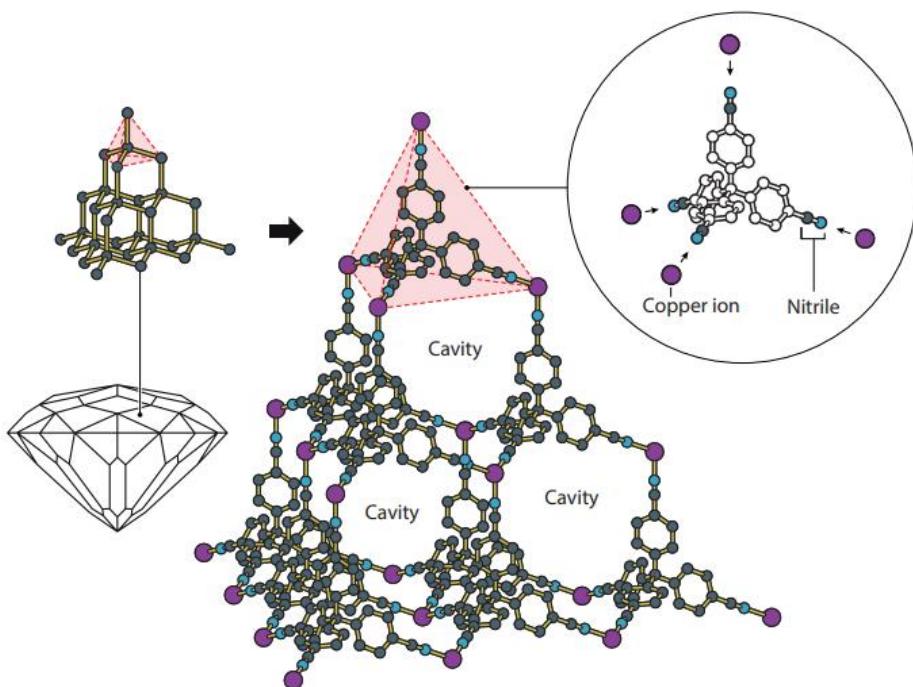


Figura 2. Richard Robson se inspiró en la estructura del diamante, donde cada átomo de carbono está unido a otros cuatro en forma de pirámide. En lugar de carbono, utilizó iones de cobre y una molécula con cuatro brazos, cada uno con un nitrilo en el extremo. Este es un compuesto químico que atrae a los iones de cobre. Al combinarse, las sustancias formaron un cristal ordenado y muy espacioso. ©Johan Jarnestad/Real Academia Sueca de Ciencias

En aquel entonces, la mayoría de los químicos habían asumido que la combinación de iones de cobre con las moléculas de cuatro brazos daría como resultado un caos de iones y moléculas. Pero las cosas salieron como Robson esperaba. Como él había predicho, la atracción inherente entre iones y moléculas era importante, por lo que se organizaron en una gran estructura molecular. Al igual que los átomos de carbono en un diamante, formaron una estructura cristalina regular. Sin embargo, a diferencia del diamante, que es un material compacto, este cristal contenía una abundante cantidad de grandes cavidades (Figura 2).

En 1989, Robson presentó su innovadora creación química en el *Journal of the American Chemical Society*. En su artículo, especula sobre el futuro y sugiere que esto podría ofrecer una nueva forma de construir materiales. Éstos, escribía, podrían adquirir propiedades nunca antes vistas, potencialmente beneficiosas. Resultó que había previsto el futuro.

Robson impulsa un espíritu pionero en la química

Apenas un año después de la publicación de su trabajo pionero, Robson presentó varios tipos nuevos de construcciones moleculares con cavidades llenas de diversas sustancias. Utilizó una de ellas para intercambiar iones. Sumergió la construcción llena de iones en un fluido que contenía un tipo diferente de ion. El resultado fue que los iones intercambiaron su posición, demostrando que las sustancias podían fluir dentro y fuera de la construcción.

En sus experimentos, Robson demostró que el diseño racional puede utilizarse para construir cristales con interiores espaciosos, optimizados para sustancias químicas específicas. Sugirió que esta nueva forma de construcción molecular, correctamente diseñada, podría utilizarse por ejemplo para catalizar reacciones químicas.

Sin embargo, las construcciones de Robson eran bastante precarias y tendían a desmoronarse. Muchos químicos las consideraron inútiles, pero algunos comprendieron que había dado con algo y, para ellos, sus ideas sobre el futuro despertaron un espíritu pionero. Quienes sentarían las bases de sus visiones fueron Susumu Kitagawa y Omar Yaghi. Entre 1992 y 2003, cada uno por separado, realizó una serie de descubrimientos revolucionarios. Comenzaremos en la década de 1990, con Kitagawa, quien trabajaba en la Universidad de Kindai, Japón.

El lema de Kitagawa: Incluso lo inútil puede volverse útil

A lo largo de su carrera investigadora, Susumu Kitagawa ha seguido un principio fundamental: intentar ver "la utilidad de lo inútil". De joven estudiante, leyó un libro del Premio Nobel Hideki Yukawa. En él, Yukawa mencionaba a un antiguo filósofo chino, Zhuangzi, quien afirma que debemos cuestionar lo que creemos útil. Incluso si algo no aporta un beneficio inmediato, puede resultar valioso.

Por consiguiente, cuando Kitagawa comenzó a investigar el potencial de crear estructuras moleculares porosas, no creía que tuvieran un propósito específico. Cuando presentó su primera construcción molecular en 1992, no era particularmente útil: un material bidimensional con cavidades donde podían ocultarse moléculas de acetona. Sin embargo, era el resultado de una nueva forma de pensar en el arte de construir con moléculas. Al igual que Robson, utilizó iones de cobre como piedras angulares, unidos entre sí por moléculas más grandes.

Kitagawa quería seguir experimentando con esta nueva tecnología de construcción, pero cuando solicitó subvenciones, quienes financiaban la investigación no consideraron que sus ambiciones tuvieran sentido. Los

materiales que creó eran inestables y carecían de propósito, por lo que muchas de sus propuestas fueron rechazadas.

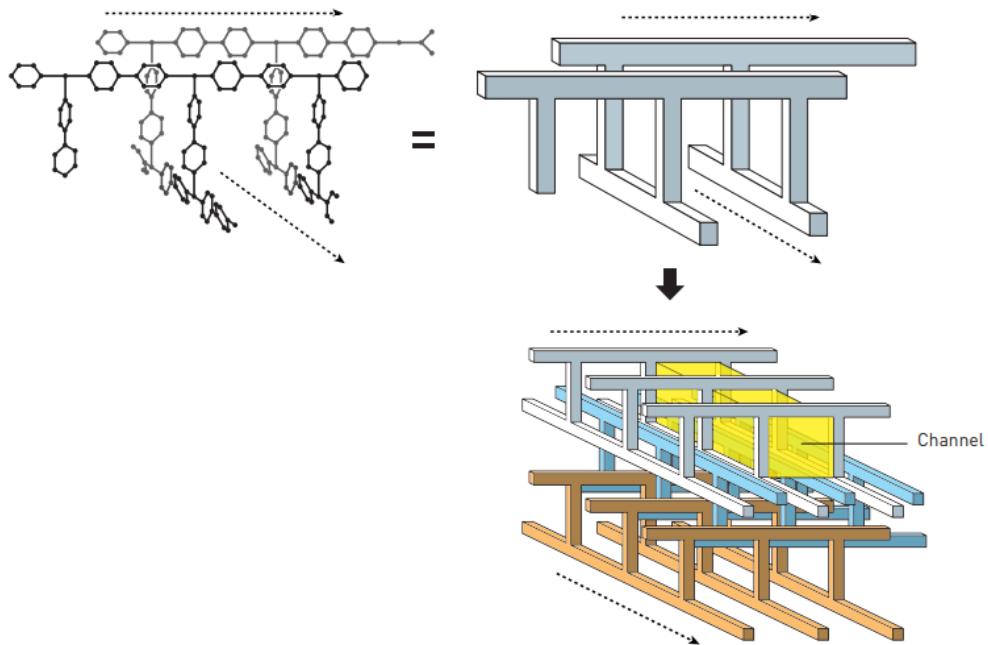


Figura 3. En 1997, Kitagawa logró crear una estructura organometálica intersectada por canales abiertos. Estos podían llenarse con diferentes tipos de gas. El material podía liberar estos gases sin afectar su estructura. ©Johan Jarnestad/Real Academia Sueca de Ciencias

Sin embargo, no se rindió y en 1997 logró su primer gran avance. Utilizando iones de cobalto, níquel o zinc y una molécula llamada 4,4'-bipiridina, su grupo de investigación creó estructuras organometálicas tridimensionales intersectadas por canales abiertos (Figura 3). Al secar uno de estos materiales, vaciándolo de agua, se volvió estable e incluso los espacios pudieron llenarse de gases. El material podía absorber y liberar metano, nitrógeno y oxígeno sin cambiar de forma.

Kitagawa ve la singularidad de sus creaciones.

Las construcciones de Kitagawa eran estables y cumplían una función, pero quienes financiaban la investigación aún no veían su atractivo. Una razón era que los químicos ya contaban con zeolitas, materiales estables y porosos, que podían construir a partir de dióxido de silicio. Estas pueden absorber gases, así que ¿por qué alguien desarrollaría un material similar que no funcionara tan bien?

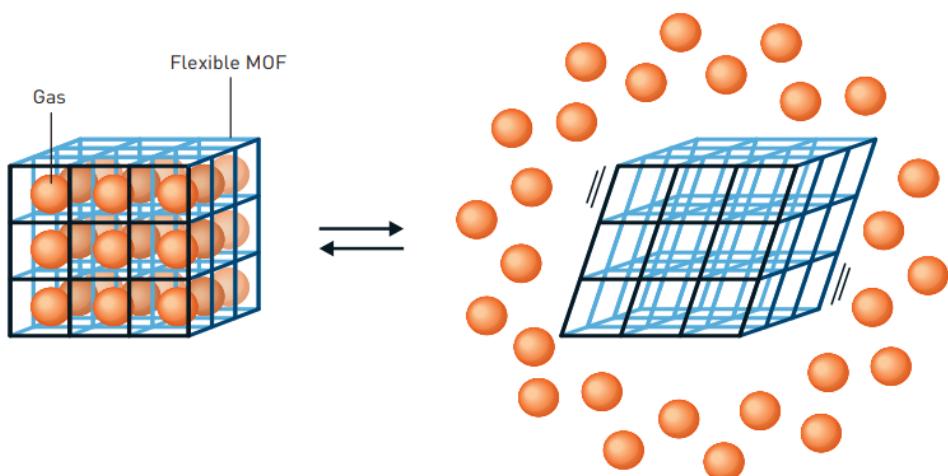


Figura 4. En 1998, Kitagawa propuso que las estructuras organometálicas podrían ser flexibles. Actualmente existen numerosos MOF flexibles que pueden cambiar de forma, por ejemplo, al llenarse o vaciarse de diversas sustancias. ©Johan Jarnestad/Real Academia Sueca de Ciencias

Susumu Kitagawa comprendió que, para recibir subvenciones importantes, debía definir qué hacía únicas a las estructuras metalorgánicas. Así, en 1998, describió su visión en el Boletín de la Sociedad Química de Japón. Presentó varias ventajas de los MOF. Por ejemplo, pueden crearse a partir de muchos tipos de moléculas, lo que supone un enorme potencial para integrar diferentes funciones. Además, y esto es importante, se dio cuenta de que los MOF pueden formar materiales blandos. A diferencia de las zeolitas, que suelen ser materiales duros, los MOF contienen bloques de construcción moleculares flexibles (Figura 4) que pueden crear un material maleable.

Después de esto, solo le quedaba poner en práctica sus ideas. Kitagawa, junto con otros investigadores, comenzó a desarrollar MOF flexibles. Mientras trabajan en esto, nos centraremos en Estados Unidos, donde Omar Yaghi también se dedicó a llevar la arquitectura molecular a nuevas cotas.

Una visita secreta a la biblioteca le abre los ojos a la química

Estudiar química no fue una opción obvia para Omar Yaghi. Él y sus numerosos hermanos crecieron en una sola habitación en Amán, Jordania, sin electricidad ni agua corriente. La escuela era un refugio de una vida por lo demás desafiante. Un día, cuando tenía diez años, se coló en la biblioteca de la escuela, que solía estar cerrada con llave, y cogió un libro al azar de la estantería. Al abrirla, sus ojos se sintieron atraídos por imágenes ininteligibles pero cautivadoras: su primer encuentro con las estructuras moleculares.

A los 15 años, y siguiendo las estrictas instrucciones de su padre, Yaghi se mudó a Estados Unidos para estudiar. Se sintió atraído por la química y, con el tiempo, por el arte de diseñar nuevos materiales, pero la forma tradicional de construir nuevas moléculas le resultaba demasiado impredecible. Normalmente, los químicos combinan sustancias que deben reaccionar entre sí en un recipiente. Luego, para iniciar la reacción química, calientan el recipiente. Se forma la molécula deseada, pero a menudo también viene acompañada de diversos subproductos contaminantes.

En 1992, cuando Yaghi asumió su primer puesto como líder de grupo de investigación en la Universidad Estatal de Arizona, buscaba formas más controladas de crear materiales. Su objetivo era utilizar el diseño racional para conectar diferentes componentes químicos, como piezas de Lego, y crear cristales grandes. Esto resultó ser un desafío, pero finalmente lo lograron cuando el grupo de investigación comenzó a combinar iones metálicos con moléculas orgánicas.

En 1995, Yaghi publicó la estructura de dos materiales bidimensionales diferentes; estos eran como redes y se mantenían unidos por cobre o cobalto. Este último podía albergar moléculas huésped en sus espacios y, cuando éstos estaban completamente ocupados, era tan estables que podían calentarse a 350°C sin colapsar. Yaghi describe este material en un artículo en *Nature*, dónde acuña el nombre de "estructura metalorgánica"; este término se utiliza actualmente para describir estructuras moleculares extendidas y ordenadas que potencialmente contienen cavidades y están formadas por metales y moléculas orgánicas (carbonadas).

Tan solo unos gramos de la estructura de Yaghi pueden contener un campo de fútbol

Yaghi marcó un hito en el desarrollo de estructuras metalorgánicas en 1999, al presentar al mundo el MOF-5. Este material se ha convertido en un clásico en este campo. Se trata de una construcción molecular excepcionalmente espaciosa y estable. Incluso vacío, puede calentarse a 300°C sin colapsar.

Sin embargo, lo que sorprendió a muchos investigadores, fue la enorme área que se esconde dentro de los espacios cúbicos del material. Un par de gramos de MOF-5 contienen un área tan grande como un campo de fútbol, lo que significa que puede absorber mucho más gas que una zeolita (Figura 5).

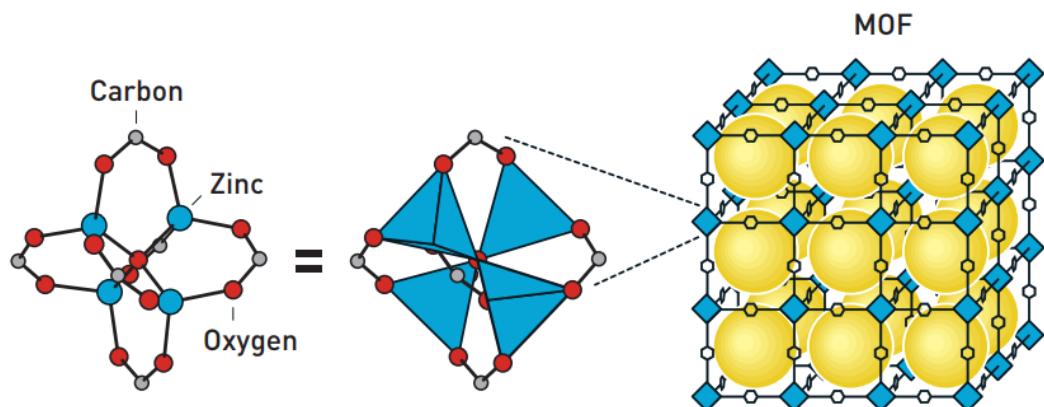


Figura 5. En 1999, Yaghi construyó un material muy estable, MOF-5, que presenta espacios cúbicos. Tan solo un par de gramos pueden contener un área tan grande como un campo de fútbol. ©Johan Jarnestad/Real Academia Sueca de Ciencias.

En cuanto a las diferencias entre las zeolitas y los MOF, los investigadores tardaron solo unos años en desarrollar MOF blandos. Uno de los que logró presentar un material flexible fue el propio Susumu Kitagawa. Al llenarse de agua o metano, su material cambiaba de forma, y al vaciarse, recuperaba su

forma original. El material se comportaba como un pulmón capaz de inhalar y exhalar gas, cambiante pero estable.

El grupo de investigación de Yaghi crea agua potable a partir del aire del desierto

Omar Yaghi sentó las bases de las estructuras metalorgánicas en 2002 y 2003. En dos artículos, publicados en *Science & Nature*, demuestra que es posible modificar y cambiar los MOF de forma racional, dotándolos de diferentes propiedades. Una de sus iniciativas fue producir 16 variantes de MOF-5, con cavidades tanto más grandes como más pequeñas que las del material original (Figura 6). Una variante podría almacenar enormes volúmenes de gas metano, lo que, según Yaghi, podría utilizarse en vehículos alimentados con GNR.

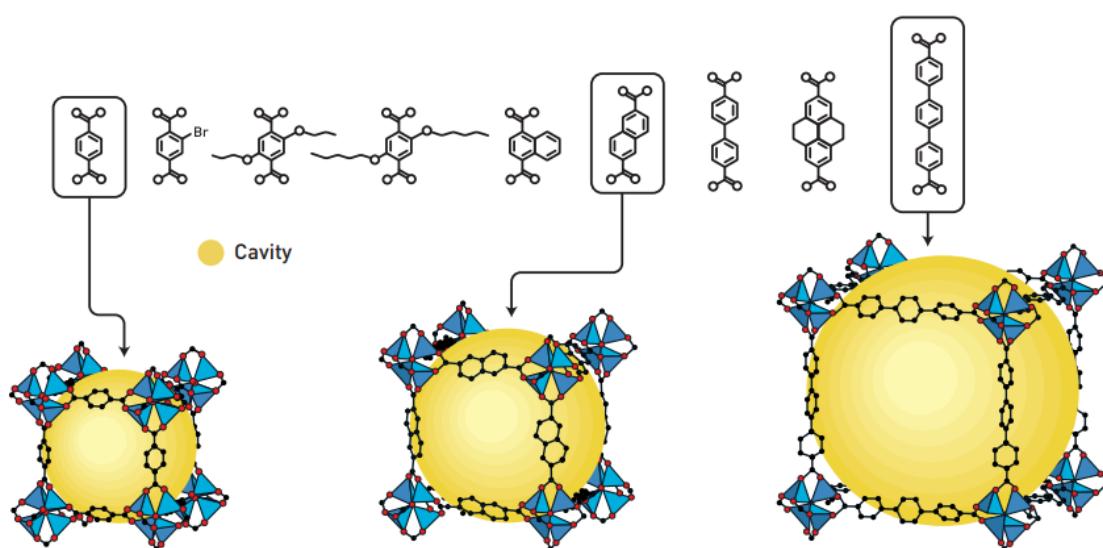


Figura 6. A principios de la década de 2000, Yaghi demostró que es posible producir familias enteras de materiales MOF. Varió los enlaces moleculares, lo que resultó en materiales con diferentes propiedades. Estos incluyen 16 variantes de MOF-5, con cavidades de diversos tamaños. ©Johan Jarnestad/Real Academia Sueca de Ciencias.

Posteriormente, las estructuras metalorgánicas han revolucionado el mundo. Los investigadores han desarrollado un kit molecular con una amplia gama de piezas que permiten crear nuevos MOF. Estos presentan diferentes formas y características, lo que ofrece un potencial increíble para el diseño racional (o basado en IA) de MOF para diferentes propósitos.

La Figura 7 ofrece ejemplos de cómo se pueden utilizar los MOF. Por ejemplo, el grupo de investigación de Yaghi ha recolectado agua del aire del desierto de Arizona. Durante la noche, su material MOF capturó el vapor de agua del aire. Al amanecer y al calentarse el sol, pudieron recolectar el agua.

Materiales MOF que capturan dióxido de carbono y gases tóxicos

Los investigadores han creado numerosos MOF diferentes y funcionales. Hasta ahora, en la mayoría de los casos, estos materiales solo se han utilizado a pequeña escala. Para aprovechar los beneficios de los materiales MOF para

la humanidad, muchas empresas están invirtiendo en su producción y comercialización en masa. Algunas han tenido éxito. Por ejemplo, la industria electrónica ahora puede utilizar materiales MOF para contener algunos de los gases tóxicos necesarios para producir semiconductores. Otro MOF puede, en cambio, descomponer gases nocivos, incluyendo algunos que pueden utilizarse como armas químicas. Numerosas empresas también están probando materiales que pueden capturar dióxido de carbono de fábricas y centrales eléctricas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

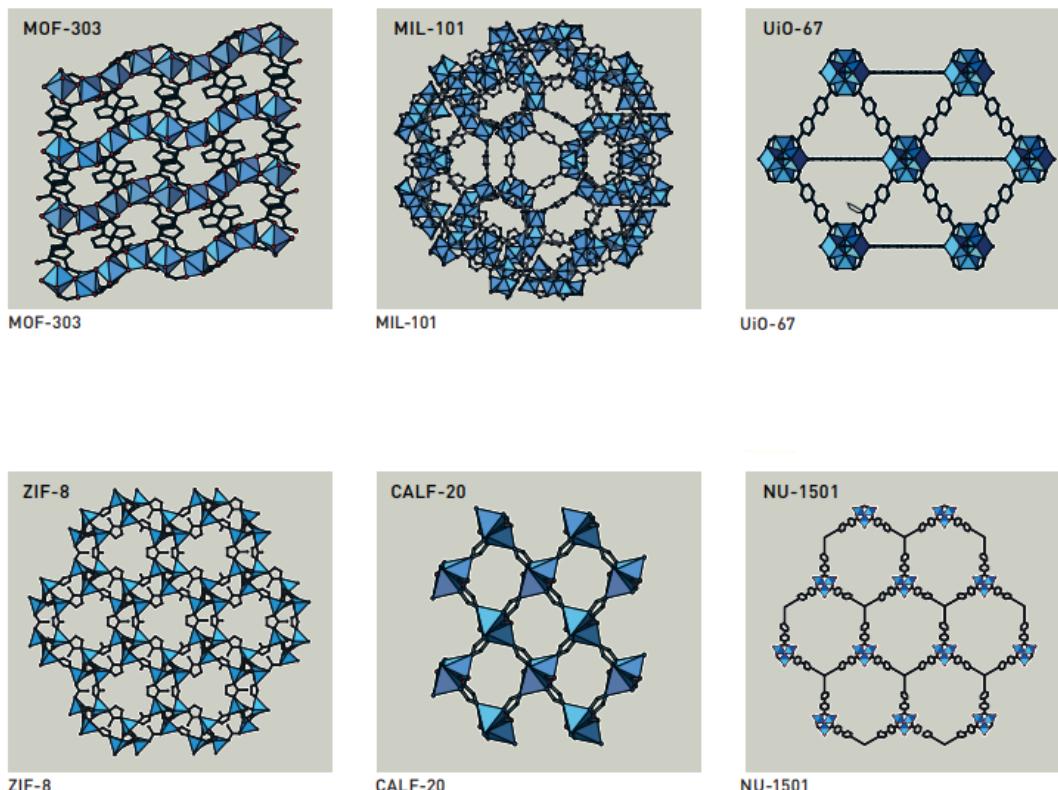


Figura 6. Ejemplos de estructuras metalorgánicas. ©Johan Jarnestad/Real Academia Sueca de Ciencias

MOF-303: *puede capturar vapor de agua del aire del desierto durante la noche. Cuando el sol calienta el material por la mañana, libera agua potable.*

MIL-101: *tiene cavidades gigantescas. Se ha utilizado para catalizar la descomposición de petróleo crudo y antibióticos en agua contaminada. También puede utilizarse para almacenar grandes cantidades de hidrógeno o dióxido de carbono.*

UiO-67: *puede absorber PFAS del agua, lo que lo convierte en un material prometedor para el tratamiento de aguas y la eliminación de contaminantes.*

ZIF-8: *se ha utilizado experimentalmente para la extracción de tierras raras de aguas residuales.*

CALF-20: *tiene una capacidad excepcional para absorber dióxido de carbono. Se está probando en una fábrica de Canadá.*

NU-1501: *se ha optimizado para almacenar y liberar hidrógeno a presión normal. El hidrógeno puede utilizarse como combustible para vehículos, pero en tanques convencionales de alta presión, el gas es extremadamente explosivo.*

Algunos investigadores creen que las estructuras metalorgánicas tienen un potencial tan enorme que serán el material del siglo XXI. El tiempo lo dirá, pero mediante el desarrollo de estas estructuras, Susumu Kitagawa, Richard Robson y Omar Yaghi han brindado a los químicos nuevas oportunidades para resolver algunos de los desafíos que enfrentamos. Por lo tanto, como afirma el testamento de Alfred Nobel, han aportado el mayor beneficio a la humanidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chamizo, J. A. (2018). *Química general: Una aproximación histórica* (1.ª ed.). Universidad Nacional Autónoma de México. <https://editorialfq.unam.mx/>
- Corona-González, M. & Rufian, E. (2024). Compuestos organometálicos y sus reacciones más comunes. *Quimiofilia*. 1. DOI: 10.56604/qfla202431organometalica315
- The Nobel Prize in Chemistry 2025, The Royal Swedish Academy of Sciences, www.kva.se

La Educación en la Química en Argentina y en el Mundo

CONGRESOS, JORNADAS, SEMINARIOS DE AQUÍ Y DE ALLÁ...

Andrea S. Farré

Universidad Nacional de Río Negro. Laboratorio de Investigación en Didáctica de las Ciencias Naturales (LIDCiN). San Carlos de Bariloche, Río Negro, Argentina

E-mail: asfarre@unrn.edu.ar

ARK CAICYT: <https://id.caicyt.gov.ar/ark:/s23449683/s69um9lkr>

Resumen. Como en todos los números acercamos a nuestros/as lectores/as información sobre los próximos eventos científicos organizadas por ADEQRA y otras instituciones académicas ya sea nacionales e internacionales, incluyendo fechas y enlaces de interés.

Palabras clave: eventos científicos, información, congresos y jornadas

Congresses, conferences, seminars from here and there...

Abstract. As in all issues, we provide our readers with information on upcoming scientific events organized by ADEQRA and other national and international academic institutions, including dates and links of interest.

Keywords: scientific events, information, congresses and conferences

Congressos, jornadas, seminários daqui e de lá...

Resumo. Como em todos os números, apresentamos aos nossos leitores informações sobre os próximos eventos científicos organizados pela ADEQRA e por outras instituições acadêmicas, tanto nacionais quanto internacionais, incluindo datas e links de interesse.

Palavras-chave: eventos científicos, informação, congressos e jornadas

II SEMINARIO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN DEL IICE. "Comprender el presente para imaginar futuros posibles"

Organizado por la Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.
11 al 13 de marzo de 2026, Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

<https://iice.institutos.filo.uba.ar/>

VII CONGRESO LATINOAMERICANO DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS, CLICAP 2026

Organizado por la Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria de la Universidad Nacional de Cuyo.

18 al 20 de marzo de 2026, San Rafael, Mendoza.

<https://fcai.uncuyo.edu.ar/clicap2026>



IX CONGRESO INTERNACIONAL DE DOCENTES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Organizado por el Colegio Oficial de Docentes de la Comunidad de Madrid (CDL) y el Grupo de Investigación "Epinut" de la Universidad Complutense de Madrid (UCM).

Inscripción y envío del resumen: hasta el 18 de enero de 2026
14 al 17 de abril de 2026, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.

<https://www.epinut.org.es/CDC/9/>

NARST 2026 ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE - JOYFUL TRANSGRESSIONS AND RADICAL IMAGINATION IN SCIENCE EDUCATION

Organizado por la National Association of Research in Science Teaching.
9 de abril de 2026, sesión virtual.

19 al 22 de abril de 2026, Seatle, Estados Unidos.

<https://narst.org/conferences/2026-annual-conference>

VIII SIMPOSIO INTERNACIONAL DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS (SIEC 2026)

Organizado por la Universidad de Vigo.

Envío de comunicaciones: hasta el 15 de abril de 2026

Inscripción reducida: hasta el 15 de abril de 2026

8 a 11 de junio 2026, Modalidad virtual.

<https://siec.webs.uvigo.es/2026/index.html>

8th ICASE WORLD CONFERENCE ON SCIENCE AND TECHNOLOGY EDUCATION

Organizada por School of Education, University College Cork.

Envío de trabajos: hasta el 1 de marzo de 2026

Inscripción reducida: hasta el 31 de marzo de 2026

22 al 25 junio de 2026, University College Cork, Irlanda.

<https://icaseonline.net/web/>

18TH IHPST BIENNIAL CONFERENCE. "Scientific Literacy: Contributions from the History and Philosophy of Science"

Organizado por la Universidad de Lisboa y el International History, Philosophy and Science Teaching (IHPST) Group.

Inscripción temprana: hasta el 15 de mayo de 2026

Envío de resúmenes: se abrirá pronto un segundo llamado

6 al 10 de julio de 2026, Lisboa, Portugal.

<https://sites.google.com/view/ihpst2026/home>

28th INTERNATIONAL CONFERENCE ON CHEMISTRY EDUCATION (28th ICCE) Y 17th EUROPEAN CONFERENCE ON RESEARCH IN CHEMICAL EDUCATION (17th ECRICE): ICCECRICE 2026

Organizado por la Turkish Chemical Society.

Envío de resúmenes: hasta el 15 de febrero de 2026

Inscripción anticipada: hasta el 29 de marzo de 2026
13 al 17 de julio de 2026, Erzurum, Turkia.
<https://iccecrice2026.org/>

X SEMINARIO IBEROAMERICANO CTS XIV SEMINARIO IBÉRICO CTS Y CIUDADANIAS: REFLEXIONES POR UNA AGENDA ACADEMICA

Organizado por la Asociación Iberoamericana CTS en Enseñanza de las Ciencias (AIA-CTS), junto con la Universidad Pedagógica Nacional, Universidad Distrital Francisco José Caldas, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Fundación Universitaria del Área Andina

Inscripción temprana: hasta el 18 de abril de 2026

Envío de comunicaciones orales, póster, talleres: hasta el 23 de febrero de 2026
22 al 24 de julio de 2026, Bogotá, Colombia (Modalidad: híbrida).

<https://seminarioctsbo2026.com/home>

BIENNIAL CONFERENCE ON CHEMICAL EDUCATION

Organizado por la University of Wisconsin-Madison, y the Division of Chemical Education (DivCHED) de la American Chemical Society.

Envío de resúmenes: desde febrero-marzo de 2026

Inscripción anticipada: comienza en marzo de 2026.
26 al 30 de julio de 2026, University of Wisconsin-Madison, Estados Unidos.
<https://conferences.union.wisc.edu/bcce2026/>

VII CONGRESO DA RED LATINOAMERICANA DE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES

Organizado por el Programa de Posgrado en Educación en Ciencias y Salud de la Universidad Federal de Río de Janeiro (PPGECS/NUTES/UFRJ), el Programa de Posgrado en Ciencia, Tecnología y Educación del Centro Federal de Educación Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (PPCTE/CEFET-RJ) y el Programa de Posgrado en Enseñanza de las Ciencias del Instituto Federal de Río de Janeiro (PROPEC/IFRJ).

Inscripción: Las cuotas de inscripción deben abonarse tras el anuncio de aceptación del trabajo, pero hasta dos meses antes de la fecha del evento.

Plazo para envío de trabajos: Hasta el 13/02/2026

27 al 31 de julio de 2026, UFRJ Campus Fundão y CEFET/RJ Campus Maracanã, Rio de Janeiro, Brasil. (Modalidad híbrida)

<https://www.even3.com.br/vii-congreso-de-la-red-latinoamericana-de-investigacion-en-didactica-de-las-ciencias-experimentales-606080/?lang=es>

X ENCUENTRO NACIONAL / VII LATINOAMERICANO LA UNIVERSIDAD COMO OBJETO DE INVESTIGACIÓN. "Nuevos y viejos desafíos para la universidad en tiempos de crisis globales"

Organizado por la Revista Pensamiento Universitario y la Universidad Nacional de Tres de Febrero.

Envío de resúmenes: hasta el 28 de febrero de 2026

4 al 7 de agosto de 2026, Buenos Aires, Argentina

<https://www.xencuentrouniversidad.untref.edu.ar/es/home>

VI WORKSHOP DE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS (VI WIDIC)

Organizado por la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN) y Consorcio de Grupos de Investigación en Educación en Ciencias Naturales (CONGRIDEC)

Fecha tentativa: 24 y 25 de septiembre de 2026.

Proximamente primera circular.

VII JORNADAS DE FUNDAMENTOS DE QUÍMICA

Organizadas por la Universidad Nacional de Río Negro, Universidad de Buenos Aires y Universidad Austral

Fecha tentativa: 5 al 7 de octubre de 2026, modalidad virtual, evento gratuito.

En breve más información en: www.filoxactas.exactas.uba.ar/jfq2026

XIV JORNADAS NACIONALES Y XI JORNADAS INTERNACIONALES DE ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA UNIVERSITARIA, SUPERIOR, SECUNDARIA Y TÉCNICA (JEQUUSST 2026)

6 al 8 de octubre de 2026, Modalidad Virtual

Organizadas por la División Educación Química de la Asociación Química Argentina

Informes: aqa.division.educacion@gmail.com

37° CONGRESO LATINOAMERICANO DE QUÍMICA (CLAQ 2026), 31° CONGRESO PERUANO DE QUÍMICA

Organizados por la Sociedad Química del Perú (SQP) y la Federación Latinoamericana de Asociaciones Químicas (FLAQ)

Inscripción temprana: hasta el 30 de abril de 2026

12 al 15 de octubre de 2026, Hotel Sheraton, Lima, Perú

Informes: +51 960 189 928

<https://sqperu.org.pe/claq-cqp-2026/>

CONGRESO IBEROAMERICANO SOBRE INDAGACIÓN CIENTÍFICA.

"Indagar para comprender, participar para transformar: puentes entre alfabetización científica y sostenibilidad"

Organizado por la Universidad de Playa Ancha, la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación y la Universidad de Málaga.

Inscripción reducida: 21 de julio al 21 de agosto de 2026

Envío de trabajos: 2 de marzo al 15 de mayo de 2026

3 al 5 de noviembre de 2026, Valparaíso, Chile (Modalidad: híbrida).

<https://upla.cl/indagacionciencias/>

XXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA (ENEQ):

"Memória, Pluraridade e Rumos"

Organizado por el Laboratório de Ensino da Química, de la Universidade Federal de Pelotas y la Sociedade Brasileira de Ensino de Química – SBEnQ.

3 al 6 de noviembre de 2026, Pelotas, Brasil.

<https://www.instagram.com/eneq.oficial/>

Pedido de aportes: Si los lectores han participado de algún evento y quieren hacer una reseña del mismo o si quieren difundir alguna reunión científica, pueden escribir a asfarre@unrn.edu.ar