

Educación en la Química

Volumen 31

Número 2

ISSN 0327-3504

ISSN-en línea 2344-9683

Revista de la Asociación de Educadores
en la Química de la República Argentina



ADEGRA

2025

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.



ADEQRA



OJS / PKP

OPEN ACCESS



Malena



LivRe
Periódicos de libre acceso



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

Clarisa Medina
Universidad Nacional del Litoral

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*
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*
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	<i>UNRC</i>
Secretaria:	Andrea Ciriaco	<i>UNPSJB</i>
Tesorera:	Marcela Susana Altamirano	<i>UNRC</i>
Vocal titular:	Sandra Hernández	<i>UNS</i>
Vocal titular:	Germán Hugo Sánchez	<i>UNL</i>
Vocal Suplente:	Andrea Soledad Farré	<i>UNRN</i>
Revisores de Cuentas:		
	1º: Marina Masullo	<i>UNC</i>
	3º: Romina Yppolito	<i>UNRC</i>

Tabla de Contenidos

Editorial

Andoni Garritz, Huellas y Visiones de Futuro
Andrea Silvana Ciriaco y Andrea Soledad Farré 80-89

Investigación en Didáctica de la Química

Concepciones (Erróneas) de Docentes de Primaria y Secundaria Acerca de la Naturaleza de la Materia

Valeria Edelsztein 90-107

Laboratorios Remotos para la Enseñanza y Aprendizaje de la Química: Una Revisión Sistemática

Wendy Villalobos-González, Carlos Arguedas-Matarrita, Fernando Capuya y Ignacio Julio Idoyaga 108-128

Potencial cognitivo de la enseñanza en Química Biológica I para el aprendizaje significativo en Medicina Veterinaria

Paola Sabrina Boeris, Paola Rita Beassoni y Rocío Belén Martín 129-143

Innovación para la Enseñanza de la Química

Didáctica de la Química en la Formación Profesional: ¿Necesidad o Alternativa?

Luis Ángel Aguilar Carrasco 144-154

La Educación en la Química en Argentina y en el Mundo

El Brillo de un Mundo Submicrométrico

Luciano Benedini 155-162

Congresos, Jornadas, Seminarios de Aquí y de Allá...

Andrea S. Farré 163-166

Editorial

ANDONI GARRITZ, HUELLAS Y VISIONES DE FUTURO

INTRODUCCIÓN

En estas páginas damos inicio al segundo número del volumen 31 de la revista de nuestra Asociación. En esta ocasión *EDENLAQ* rinde homenaje al Andoni Garritz y su legado, por ello esta editorial comienza con su recuerdo en una semblanza escrita por Andrea S. Farré. Luego, comentaremos los escritos originales que dan cuerpo a este número y el agradecimiento a los nuevos miembros del Comité Académico Internacional. Cerramos la editorial con información de nuestra tradicional Reunión de Educadores que se celebrará en la ciudad de Bariloche a inicios de noviembre de este año.

EL CAMINO MARCADO POR ANDONI GARRITZ

Hace diez años, el 17 de julio de 2015, nos enterábamos del fallecimiento de un referente para la educación química y la ciencia toda: nos dejaba Andoni Garritz. Su partida producía un gran vacío en la comunidad de didactas de la química. No hay investigador/a argentino/a del área que lo conociera que no tenga una palabra amable para con él. Entre ellos, puedo nombrar a Gabriela Lorenzo y a Andrés Raviolo con quienes trabajé y a Silvia Porro a quien conozco. En todos los casos solamente prodigan elogios distinguiéndolo por su amabilidad, su entusiasmo, su generosidad, por la ayuda recibida desinteresadamente. Podemos leer de esto en las páginas de esta revista en palabras de Gabriela Lorenzo (2015). Los mismos elogios, también en nuestra revista, fueron expresados por el reconocido investigador del área, Vicente Talanquer (2015). Todos quienes conocieron a Andoni, señalaron que de alguna manera u otra marcó sus carreras como investigadores.

Personalmente lo vi en dos eventos científicos, en 2007, en Santiago de Chile, cuando estaba empezando mi doctorado en las "*V Jornadas Internacionales para la Enseñanza Preuniversitaria y Universitaria de la Química*" y en 2010 en la ciudad de Santa Fe, en las "*VI Jornadas Internacionales y IX Nacionales De Enseñanza Universitaria De La Química*". En estas últimas jornadas, gracias a Gabriela Lorenzo, mi directora de tesis, quien lo invitó a ver nuestro trabajo, pude intercambiar algunas palabras con él. En mi caso, más que su persona, lo que me produjo un impacto ha sido su obra, de la cual todavía hoy podemos seguir aprendiendo.

El primer acercamiento que tuve fue con un libro (Figura 1), que escribí junto a José Antonio Chamizo. Lo compré cuando daba clases de Química en diferentes escuelas e institutos terciarios de Rosario, Capitán Bermúdez y Armstrong. Buscaba como siempre materiales para que más estudiantes entendieran y gustaran de la química. Así fue como encontré este libro usado en una librería que por ese entonces estaba a la vuelta de la Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas de la Universidad Nacional de Rosario.



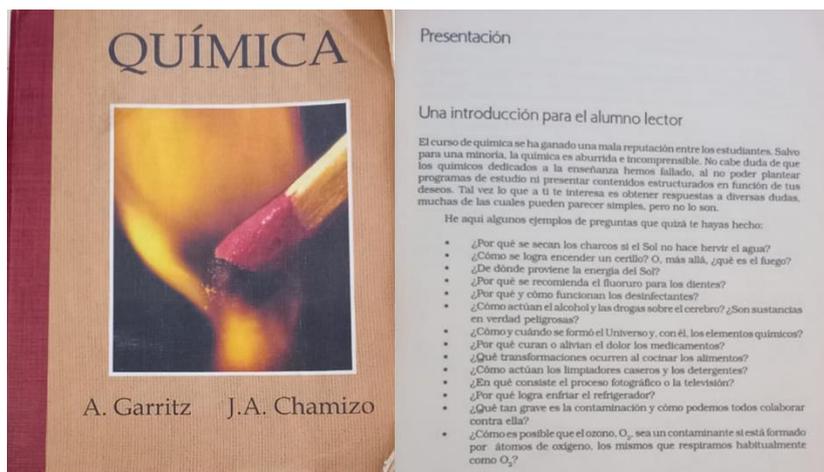


Figura 1. Foto de la tapa y la primer hoja de presentación del libro

Como dice en la contratapa, se trataba de un libro diferente a todo lo visto hasta el momento. Creo que lo que más me llamó la atención fue su presentación (que pueden ver también en la figura), en la cual se establecía una comunicación directa con el/la alumno/a y se listaban un total de catorce preguntas que van desde cómo es que se secan los charcos si no hierven, hasta cómo actúan el alcohol y las drogas. Todas preguntas que luego el libro va respondiendo en sus páginas.

No fue el único libro de química que publicó Andoni Garritz. En el obituario realizado por la Universidad Autónoma de México (Facultad de Química, UNAM, 2024) listan también otros como: *Problemas resueltos de la Fisicoquímica de Castellan*, en 1981; *Estructura Atómica. Un enfoque químico*, en 1986; *Tú y la Química*, en 1994, traducido al portugués como *Química*, en 2002, y, por último, *Química Universitaria*, en 2005. Seguramente tuvimos la ocasión de hojear alguno de ellos. También publicó a través del Fondo de Cultura Económica, libros de divulgación: *Del tequesquite al ADN*¹, y *Química Terrestre*.

Si bien lo empecé a conocer por los libros de química, lo que más me marcó al igual que a muchos/as hispanoparlantes, fue el trabajo realizado como editor de la hermana revista mexicana *Educación Química*, "la mejor del universo" como él la nombraba. En sus escritos Andoni fue mostrándonos un camino por el cual transitar. Entre el primer número de 1990 y el número 2 del volumen 26 del 2015, escribió 95 editoriales. En general no hacía una mera presentación de los artículos o realizaba anuncios, como sucede en otras revistas. Únicamente 20 de sus editoriales consistieron sólo en eso. En el resto de las editoriales que publicó: en 27 expresó su opinión y en 18 realizó ensayos argumentativos sobre algún tema de didáctica de la química, también 14 consistieron en la divulgación sobre algún tema de química, y 13 desarrollaban algún aspecto de la historia de la química, e incluso en 3 se presentaron investigaciones completas sobre didáctica de la química. También podemos leer, en la misma revista, 23 artículos de su autoría, la mayoría de ellos en colaboración. Entre estos artículos también encontramos

¹ Se puede acceder a este libro en formato digital en la siguiente dirección: <https://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/072/htm/delteque.htm>

investigaciones, innovaciones didácticas, historia de la química y ensayos argumentativos. Además, reseñó 8 libros de interés para los lectores de la revista.

Esta producción escrita fue marcando una senda, áreas de investigación a profundizar, disquisiciones sobre investigación básica y aplicada, e ideas sobre lo que debiera hacerse en cuanto a la educación en química. En línea con su obra y solamente analizando someramente lo realizado en el área de la didáctica de la química, uno de los primeros temas que podemos detectar es el de los contenidos de los libros de texto. Justamente, el primer artículo que publicó en la revista estuvo relacionado con este tema y en el mismo se realizaban recomendaciones sobre los contenidos (Chamizo y Garritz, 1993). Esto se repite más adelante en editoriales, en donde se argumentaba cómo deberían ser los libros de texto en el presente siglo (Garritz, 2005a), analizaba la historia presente en los libros de texto (Garritz, 2005b) o se realizaba un análisis de libros de textos antiguos (Garritz, 2009a).

Otro tema que podemos destacar es el de los enfoques de enseñanza, entre ellos el de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). En 1994, reúne los objetivos globales de la reforma educacional llevada a cabo a nivel mundial y que había comenzado diez años antes, describiendo también algunos sus ejemplos más exitosos (Garritz, 1994). En tanto, en 2008 participa del relato de una intervención didáctica sobre ácidos y bases, utilizando el enfoque CTS, relacionándolo con la modelización en química (Gerra, Alvarado, Zenteno-Mendoza y Garritz, 2008). Aparte de estos dos enfoques (CTS y modelización), más recientemente publicó editoriales sobre indagación tratando de definirla (Garritz, 2010) y haciendo un racconto de proyectos basados en la indagación (Garritz, 2012). Además, destacó la enseñanza de la argumentación, en una editorial introduciendo un número especial relacionado con esta temática, y relatando una experiencia en un curso denominado "Ciencia y Sociedad" en el que se abordan temáticas socio-tecnocientíficas (Garritz, 2009b).

También en sus editoriales y artículos se puede observar un interés sobre el aprendizaje de los y las estudiantes. Se destacan sus aportes sobre ideas previas o concepciones alternativas ya sea en editoriales (Garritz, 2000), en revisiones de literatura (Garritz y Trinidad Velazco, 2003), o artículos de investigación sobre concepciones de estudiantes universitarios sobre la estructura de la materia (Gallegos-Cázares y Garritz-Ruiz, 2004), y sobre cambio conceptual (Garritz, 2001). También un aporte muy destacable es la relación que hizo entre afectividad y cognición (Garritz, 2009c) y sobre las actitudes frente a la enseñanza de las ciencias (Garritz, 2011).

Del mismo modo, estaba interesado en la cognición docente, así, se destacan sus trabajos relacionados con el conocimiento pedagógico o didáctico del contenido. Introdujo el tema en una editorial escrita conjuntamente con Trinidad-Velasco (Garritz y Trinidad-Velasco, 2004), con quien luego escribiera un artículo profundizando en el tema, tratando específicamente la estructura corpuscular de la materia (Garritz y Trinidad-Velasco, 2006). Siguió popularizando este programa de investigación en editoriales y artículos, no solo en la revista *Educación Química*, sino también en nuestra *Educación en la Química*. En el primer volumen del número 11, encontramos su artículo "El conocimiento pedagógico del contenido: un vuelco en las creencias de los profesores de química" que es una continuación de la primera

editorial mencionada (Garritz y Trinidad-Velazco, 2005). Su última editorial y su última reseña estuvieron relacionadas también con este tema. En la editorial, escrita en inglés, difundía el modelo construido en la reunión de investigadores sobre PCK (por su sigla en inglés: *Pedagogical Content Knowledge*) realizada en Colorado Springs, Estados Unidos, en octubre del 2012 (Garritz, 2015). En tanto, la reseña versaba sobre el libro: "Conocimiento didáctico del contenido. Una perspectiva Iberoamericana", en el cual tuve el honor de participar en dos capítulos (Garritz, Daza-Rosales y Lorenzo, 2015).

SIGUIENDO LA HUELLA DE ANDONI

Como señalábamos, desde la revista que editaba, Andoni marcaba la agenda de la investigación para los didactas de la química hispanoparlantes. Lo hacía proponiendo temas o programas de investigación, y también directamente como en la editorial del 2010 (Garritz, 2010). Esta editorial se titulaba: "*La enseñanza de la química para la sociedad del siglo XXI, caracterizada por la incertidumbre*". En la misma presentó un decálogo "(...) de los paradigmas más valiosos para la enseñanza de la química, desde la educación básica hasta la superior" (p. 4). Este decálogo incluía:

- 1) La química de frontera, es decir, los temas que en la actualidad se están investigando en química.
- 2) Las analogías, no solo por lo que implican en las explicaciones de los y las docentes, sino también por el valor que tiene el pensamiento analógico en la indagación.
- 3) La incertidumbre, por el valor que tiene también en la indagación. Citando al premio Nobel de Física Richard Feynman sostiene que el conocimiento científico no se construye en base a certezas, sino de justamente a partir de las incertezas. Además, que las aseveraciones científicas a las que se llega luego de la investigación, tienen un grado variable de certidumbre y nunca una aseveración es absolutamente segura. Hace suyas las palabras de Edgar Morin señalando que: "*Hay que aprender a enfrentar las incertidumbres puesto que vivimos en una época cambiante donde los valores son ambivalentes, donde todo está ligado. Es por eso que la educación del futuro debe volverse sobre las incertidumbres ligadas al conocimiento (...) las incertidumbres que han aparecido en las ciencias físicas (...), en las ciencias de la evolución biológica y en las ciencias históricas*" (p. 7).
- 4) Las competencias y entre ellas la competencia científica tal como es definida por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).
- 5) La indagación, entendida como un enfoque didáctico que implica identificar y plantear preguntas, definir y analizar problemas, reunir información para que sirva de evidencia, formular explicaciones al problema planteado, plantear problemas de la vida cotidiana o históricos, diseñar y conducir trabajos de investigación y compartir con otros mediante la argumentación.
- 6) Los modelos y el modelaje, por el papel vital que juegan los modelos en la química. Modelos entendidos como representaciones simplificadas, basadas generalmente en analogías, de determinada porción del mundo, ya sea esta porción un objeto, un acto, un proceso, o una idea. En tanto, entiende por modelaje como un enfoque didáctico, que implica un proceso

continuo y dinámico de crear, probar y comunicar modelos, es decir una habilidad central para la indagación científica.

- 7) La naturaleza, la historia y la filosofía de la química, debido a lo importante de la reflexión sobre la química en sí y la ayuda que puede prestar esta reflexión a la didáctica de la química.
- 8) El riesgo, porque hacer química muchas veces implica poner en riesgo intereses colectivos, de la sociedad o de la naturaleza. Por eso sostiene que es imprescindible incluir en la educación la noción de riesgo ya que resulta *éticamente* indispensable la participación pública en el proceso que va de la identificación a la gestión del riesgo. En este contexto resalta el valor de la Química Verde o la Química Sustentable. Llama además a aceptar la complejidad como constituyente de todos los fenómenos ecológicos, al mito de una ciencia libre de valores, y a alertar para accionar, y no a alarmar.
- 9) Las tecnologías de la información y la comunicación, principalmente por las posibilidades que brinda en la visualización de objetos moleculares. No solo por el papel central de la información visual en la enseñanza de la química, sino también por el fenómeno estético de las representaciones.
- 10) La afectividad, porque es importante para las actitudes que tenga el alumnado hacia la química y también por la forma en que se puede favorecer el aprendizaje a partir de la motivación de los y las estudiantes.

Podemos observar que muchas de las cuestiones incluidas como paradigmas Andoni Garritz se había referido previa o posteriormente en la revista que editaba. Muchos de estos paradigmas seguramente siguen vigentes otros quizás no, o se han resignificado en estos diez años. Es por eso que en este número de la Revista Educación en la Química recordamos a nuestro querido Andoni Garritz, quien con sus enormes huellas ha dejado marcado el camino por dónde nosotros humildemente intentamos transitar.

PRESENTANDO EL SEGUNDO NÚMERO DE EDENLAQ 2025

En el recorrido que se propone para este número se abordan diferentes temáticas referidas a la enseñanza y el aprendizaje de la Química en Latinoamérica, cuestiones de interés para toda nuestra comunidad. En estos trabajos, es posible encontrar las huellas de Andoni Garritz, actualizadas a través de experiencias concretas demostrando la necesidad de seguir construyendo saberes didácticos y disciplinares en los que dialoguen los grandes referentes teóricos con los contextos sociales, culturales y científicos que nos atraviesan.

La sección *Investigación en Didáctica de la Química* presenta tres artículos originales.

El primero de ellos es el trabajo de Edelsztein, quien de acuerdo con la importancia que Garritz le dio a la naturaleza de la química y a las representaciones, propone un estudio con docentes de primaria y secundaria en ejercicio que explora sus concepciones acerca de la naturaleza de la materia encontrando espacios en los cuales es posible la intervención para facilitar la construcción de modelos conceptuales actuales.

En segundo término, encontramos el escrito de Villalobos-González, Arguedas-Matarrita, Capuya e Idoyaga quienes presentan una revisión

bibliográfica acerca de los artículos publicados sobre los laboratorios remotos y su implementación con el fin de favorecer las habilidades científicas. Este trabajo evidencia la relevancia de la incorporación de las tecnologías emergentes para la enseñanza de la química como ha señalado Andoni en su decálogo.

Por último, dentro de esta sección, se presenta el estudio de Boeris, Beassoni y Martín quienes exploran el potencial cognitivo de las prácticas de enseñanza en un curso de Química Biológica con una metodología que considera tanto la mirada de los estudiantes como la de los docentes. El interés por generar oportunidades de aprendizaje significativo les permite identificar aspectos que facilitan y obstaculizan los procesos de sus estudiantes. En este camino reconocen que la incorporación de nuevas tecnologías podría colaborar para el logro de los los objetivos propuestos.

En la siguiente sección, *Innovación para la Enseñanza de la Química*, el texto de Aguilar Carrasco aborda la necesidad de formación en didáctica de la química dentro de carreras que habilitan el ejercicio docente dentro del nivel medio superior y universitario en México. Este trabajo pone en relieve varios de los paradigmas que Andoni presentó para la enseñanza y el aprendizaje de la química.

Finalmente, en la sección *La Educación en la Química en Argentina y el Mundo* se compone de dos escritos.

El primer trabajo, escrito por Benedini recupera la contribución de Richard Zsigmondy quien, en 1925, recibió el premio Nobel por su estudio de los coloides. El autor de este trabajo muestra cómo los estudios previos contribuyeron a desarrollar diferentes aplicaciones de los coloides en la actualidad y cuáles son las perspectivas en el área de investigación aplicada para este campo de la química en la actualidad. De esta forma enlaza ciencia, historia y enseñanza. Este trabajo es coherente con la perspectiva del decálogo de Andoni Garritz cuando recomendó a los docentes del siglo XXI estar al tanto de la química de frontera para una enseñanza acorde a los contextos actuales.

En esta sección tenemos también la compilación de datos y fechas de congresos y seminarios de interés para nuestra comunidad realizada por Andrea Farré.

En el marco de nuestro compromiso con la excelencia académica y la internacionalización de nuestra revista, nos complace anunciar la incorporación de nuevos miembros al Comité Académico Internacional de EDENLAQ. De este modo, continuamos fortaleciendo nuestra publicación con destacados referentes de la educación química. En esta oportunidad damos la bienvenida a Albino Oliveira Nunes del Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte quien trabaja en alfabetización científica y enfoques interdisciplinarios en la enseñanza de las ciencias. Su amplia trayectoria en investigación se refleja en su participación en estudios interdisciplinarios y formación docente (Oliveira Nunes, Dantas, J. y Leite, R., 2021) o su texto sobre alfabetización científica y tecnológica (Oliveira Nunes y Nunes Coelho, 2025), lo cual enriquece y consolida la proyección internacional y el enfoque formativo de nuestra publicación. Asimismo, Teresa Lupión Cobos de la Universidad de Málaga quien se dedica esencialmente a

la investigación y docencia en el campo de la educación científica, con especial enfoque en metodologías como la educación STE(A)M, la indagación científica escolar y la formación docente para promover vocaciones científicas. Su amplio trabajo incluye la práctica reflexiva (Lupi3n Cobos y Gallego Garc3a, 2017) y el enfoque contextual (Lupi3n Cobos y col, 2024), entre otros.

Agradecemos afectuosamente a los nuevos integrantes del comit3 acad3mico internacional por sumarse a este proyecto colectivo.

LA REUNI3N DE EDUCADORES EN QU3MICA Y EL HOMENAJE

En noviembre de 2025, se celebrar3 la vigesimoprimer Reuni3n de Educadores en Qu3mica (XXI REQ) en la que tendremos la ocasi3n de homenajear muy especialmente a Andoni Garritz. En esta ocasi3n la REQ es organizada conjuntamente entre ADEQRA y la Universidad Nacional de R3o Negro – Sede Andina (Disp. UNRN-AND N3 612/25) y con el lema “*En homenaje a Andoni Garritz, volver a pensar un futuro posible para la ense1anza de la qu3mica*”. La XXI REQ se llevar3 a cabo en forma h3brida (virtual y presencial) en la ciudad de San Carlos de Bariloche los d3as 3 al 5 de noviembre.

Para hacerlo proponemos tres ejes:

E1 - qu3 ense1amos

E2 - c3mo y para qui3nes es la ense1anza y qui3nes ense1amos

E3 - para qu3 mundo.

A partir de los debates que surjan y las conclusiones que saquemos seguramente podremos revisar el dec3logo propuesto por Andoni Garritz y marcar rumbos para la ense1anza de la Qu3mica, de la formaci3n docente y de la investigaci3n en el 3rea.

Como ya es costumbre en la XXI REQ, y desde la edici3n celebrada en 2018, entregaremos el Premio ADEQRA “*Reconocimiento a la trayectoria y promoci3n de la ense1anza de la Qu3mica, Dra. Luz Lastres*”. El mismo lleva el nombre de una de nuestras socias fundadoras y artifice de que nuestra asociaci3n y fundamentalmente nuestra revista EDENLAQ siga viva.

Seg3n la resoluci3n de creaci3n del premio, tiene como prop3sito reconocer y destacar la trayectoria de aquellos socios y socias que han desempe1ado una contribuci3n especialmente significativa en el marco de la Asociaci3n. Se establece que podr3n acceder a dicho premio todos los asociados a ADEQRA que hayan realizado un aporte significativo a la ense1anza de la Qu3mica, profesores de qu3mica de cualquier nivel y/o investigadores en educaci3n qu3mica. Para ser considerado como posible acreedor del PREMIO deber3 ser propuesto por dos (2) miembros activos de la Asociaci3n que avalen su presentaci3n ante la Comisi3n Directiva. La Comisi3n Directiva designar3 un jurado *ad hoc* de tres miembros quienes considerando los m3ritos del propuesto decidir3n la pertinencia de dicha premiaci3n. Esta comisi3n ser3 presidida por Luz Lastres. La postulaci3n permanecer3 abierta hasta el 30 de septiembre del presente a1o. Invitamos a todas/os las/os socias/os a realizar las propuestas fundamentadas enviando un documento en formato PDF al correo regadeqra@gmail.com

Andrea Silvana Ciriaco y Andrea Soledad Farr3 (*Editoras*)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chamizo, J. A. y Garritz, A. (1993). La enseñanza de la Química en Secundaria. Contenidos propuestos de los programas de química de la secundaria y recomendaciones para los textos. *Educación Química*, 4(3), 134-138. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.1993.3.66810>
- Facultad de Química, UNAM. (12 de febrero de 2024). *Andoni Garritz Ruiz*. <https://quimica.unam.mx/andoni-garritz-ruiz/>
- Gallegos-Cázares, L. y Garritz-Ruiz, A. (2004). Representación continua y discreta de la materia en estudiantes de Química. *Educación Química*, 15(3), 234-242. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.3.66180>
- Garritz, A. (1994). Ciencia-Tecnología-Sociedad: a diez años de iniciada la corriente. *Educación Química*, 5(4), 217-223. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.1994.4.66746>
- Garritz, A. (2000). Más sobre ideas previas y enseñanza de la Química. *Educación Química*, 11(3), 291-292. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2000.3.66440>
- Garritz, A. (2001). Veinte años de la teoría del cambio conceptual. *Educación Química*, 12(3), 123-126. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2001.3.66337>
- Garritz, A. (2005a). Debate sobre cómo cambiar los textos de química para el siglo XXI. *Educación Química*, 16(3), 363-369. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2005.3.66098>
- Garritz, A. (2005b). Consideración de la historia en los libros de texto de química. *Educación Química*, 16(4), 498-502. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2005.4.66086>
- Garritz, A. (2009a). La enseñanza experimental y la clasificación de los elementos en los libros de texto franceses y alemanes de la primera mitad del siglo XIX. *Educación Química*, 20(3), 294-300. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30029-6](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30029-6)
- Garritz, A. (2009b) Argumentación en una nueva asignatura. Ciencia y sociedad. *Educación Química*, 12(3), 98-101. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30014-4](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30014-4)
- Garritz, A. (2009c). La afectividad en la enseñanza de la ciencia. *Educación Química*, 20(Número Extraordinario), 212-219. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30055-7](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30055-7)
- Garritz, A. (2010). Indagación: Las habilidades para desarrollarla y promover el aprendizaje. *Educación Química*, 21(2), 106-110. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30159-9](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30159-9)
- Garritz, A. (2010). La enseñanza de la química para la sociedad del siglo XXI, caracterizada por la incertidumbre. *Educación Química*, 21(1), 2-15. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30066-1](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30066-1)

- Garritz, A. (2011). Actitudes hacia la enseñanza/aprendizaje de la química. La celebración del Año Internacional de la Química. *Educación Química*, 22(2), 86-89. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30120-4](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30120-4)
- Garritz, A. (2012). Proyectos educativos recientes basados en la indagación de la química. *Educación Química*, 23(4), 458-464. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30133-7](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30133-7)
- Garritz, A. (2015). PCK for dummies. Part 2: Personal vs Canonical PCK. *Educación Química*, 26(2), 77-80. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.04.001>
- Garritz, A. y Trinidad-Velazco, R. (2004). El conocimiento pedagógico del contenido. *Educación Química*, 15(2), 98-102. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.2.66192>
- Garritz, A. y Trinidad-Velazco, R. (2005). El conocimiento pedagógico del contenido: un vuelco en las creencias de los profesores de química. *Educación en la Química*, 11(1), 31-45. Recuperado a partir de: <https://educacionenquimica.com.ar/index.php/edenlaq/issue/view/32>
- Garritz, A. y Trinidad-Velazco, R. (2006). El conocimiento pedagógico de la estructura corpuscular de la materia. *Educación Química*, 17(4e), 236-263. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2006.4e.66013>
- Garritz, A., Daza-Rosales, S. F. y Lorenzo, M. G. (2015). Conocimiento didáctico del contenido. Una perspectiva Iberoamericana. *Educación Química*, 26(1), 66-70. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(15\)72101-4](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(15)72101-4)
- Gerra, G., Alvarado, C., Zenteno-Mendoza, B. E. y Garritz, A. (2008). La dimensión ciencia-tecnología-sociedad del tema de ácidos y bases en un aula del bachillerato. *Educación Química*, 19(4), 277-288. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2008.4.25843>
- Lorenzo, G. (2015). El maestro que siempre será: homenaje a Andoni Garritz. *Educación en la Química*, 21(2), 80-83. Recuperado a partir de: <https://educacionenquimica.com.ar/index.php/edenlaq/issue/view/54>
- Lupión Cobos, T. y Gallego García, M. (2017). Compartiendo la mirada: una experiencia en práctica reflexiva para formación permanente. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 20(1), 127-144. <https://doi.org/10.6018/reifop/20.1.24493>
- Lupión-Cobos, T., Hierrezuelo-Osorio, J., Cruz-Lorite, I. y Blanco-López, Á. (2022). Key factors in the reform of competence-based science teaching in Spain. A case study with secondary school teachers involved in a training programme focusing on context-based approach. *Research in Science & Technological Education*, 42(2), 315-335. <https://doi.org/10.1080/02635143.2022.2070149>
- Oliveira Nunes, A. y Coelho, M. N. (2025). Fundamentos de alfabetização científica e tecnológica: Teorizações e novos olhares (1ª ed.). LF Editorial.
- Oliveira Nunez, A., Dantas, J. y Leite, R. (2021). Índicios de alfabetização científica e tecnológica em cursos de formação inicial de professores de química: análise dos projetos pedagógicos. *Tecné, Episteme Y Didaxis*,

- (Número Extraordinario), 432-437.
<https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/15128>
- Talanquer, V. (2016). Los Garritz: a la distancia. *Educación en la Química*, 21(2), 84-87. Recuperado a partir de:
<https://educacionenquimica.com.ar/index.php/edenlaq/issue/view/54>
- Trinidad Velazco, R. y Garritz, A. (2003). Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia. *Educación Química*, 14(2), 72-85.
<https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2003.2.66255>
- XXI REQ (2025) XXI Reunión de Educadores en Química.
<https://sites.google.com/view/xxireq/inicio>

Investigación en didáctica de la Química

CONCEPCIONES (ERRÓNEAS) DE DOCENTES DE PRIMARIA Y SECUNDARIA ACERCA DE LA NATURALEZA DE LA MATERIA

Valeria Edelsztein

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias (CEFIEC) - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Buenos Aires, Argentina.

E-mail: valecaroedel@yahoo.com

Recibido: 02/12/2025. Aceptado: 29/04/2025.

Resumen. Este estudio explora las concepciones acerca de la naturaleza de la materia y la teoría cinético-corpúscular entre 99 docentes de escuelas primaria y secundaria en Buenos Aires. Estos participaron en actividades como preguntas de opción múltiple y resolución de problemas. Los resultados revelaron concepciones erróneas referente a los cambios de fase, el espaciado entre partículas y la relación entre la energía cinética y el movimiento de las partículas. Si bien los docentes de secundaria mostraron una mejor comprensión de la naturaleza particulada de la materia, prevalecieron concepciones erróneas como la creencia de que las partículas cambian de tamaño durante las transiciones de fase o que no hay espacio entre las partículas en estado sólido. Los docentes de primaria mostraron tendencia hacia modelos intuitivos y continuos de la materia. Estos hallazgos destacan la necesidad de intervenciones para abordar estas concepciones erróneas y mejorar la formación docente en conceptos fundamentales sobre la materia.

Palabras clave. naturaleza particulada de la materia, concepciones erróneas, docentes de nivel primario, docentes de nivel secundario.

Elementary and High School Teachers' (Mis)Conceptions on the Nature of Matter

Abstract. This study explores the conceptions about the nature of matter and the kinetic-corpúscular theory among 99 primary and secondary school teachers in Buenos Aires. They participated in activities such as multiple-choice questions and problem-solving. The results revealed misconceptions regarding phase changes, the spacing between particles, and the relationship between kinetic energy and particle motion. While secondary school teachers showed a better understanding of the particulate nature of matter, misconceptions such as the belief that particles change size during phase transitions or that there is no space between particles in the solid state prevailed. Primary school teachers tended toward intuitive and continuous models of matter. These findings highlight the need for interventions to address these misconceptions and improve teacher training in fundamental concepts about matter.

Keywords. particulate nature of matter, misconceptions, elementary school teachers, high school teachers.

INTRODUCCIÓN

Comprender cómo los estudiantes conceptualizan fenómenos complejos es fundamental en la investigación educativa, particularmente en el contexto de



la enseñanza de las ciencias. A lo largo de los años, numerosos estudios han explorado las concepciones intuitivas o espontáneas profundamente arraigadas en estudiantes de todos los niveles y en diversas áreas del conocimiento, así como los desafíos que implica modificarlas mediante procesos de cambio conceptual a través de métodos instruccionales (Limón y Mason, 2002; Pozo y Gómez Crespo, 2005; Reiner, Slotta, Chi y Resnick, 2000; Schnotz, Osniadou y Carretero 1999). Estos desafíos no solo son significativos para mejorar el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias, sino también para avanzar en la comprensión de los procesos y sistemas cognitivos subyacentes (Pozo y Gómez Crespo, 2005). Sin embargo, las investigaciones demuestran consistentemente que estas concepciones son altamente resistentes al cambio, ya que están profundamente enraizadas en las experiencias cotidianas y el razonamiento intuitivo (Duit y Treagust, 2003; Nakhleh, 1992; Ayas, Özmen y Çalik, 2009; Özmen, 2013).

Desde la década de 1980, un número creciente de estudios también ha investigado el papel de las concepciones de los y las docentes (Duit, 2007; Treagust y Duit, 2008; West y Pines, 1985). Las investigaciones han revelado que en gran medida sostienen concepciones sobre conceptos y procesos científicos que divergen de las perspectivas científicas y, a menudo, reflejan las concepciones previas a la instrucción de los/as estudiantes (Duit, 2007).

En este trabajo abordaremos específicamente las concepciones acerca de la naturaleza particulada de la materia (NPM) y la teoría cinético-corpúscular (TCC) en un grupo de docentes de educación primaria y secundaria de Buenos Aires, y analizaremos sus respuestas frente a preguntas relacionadas con casos específicos. Si bien existe una vasta producción académica enfocada en el análisis de las concepciones de los estudiantes acerca de la NPM y la TCC, son considerablemente menos frecuentes los estudios que indagan en los modelos que sostienen los docentes en ejercicio. Este aspecto resulta particularmente relevante, dado que los modelos conceptuales que manejan los/as docentes no solo median la interpretación de los fenómenos químicos, sino que además funcionan como puentes fundamentales entre los niveles de representación macroscópico y microscópico. Dichos modelos, por su parte, se emplean de manera recurrente en las prácticas de aula para explicar y justificar fenómenos observables, como cambios de estado, disoluciones o reacciones químicas. Comprender las concepciones docentes, por tanto, no solo permite identificar posibles fuentes de obstáculos en los procesos de enseñanza, sino también ofrece una base para diseñar propuestas formativas orientadas a promover una visión científicamente fundamentada y articulada de la materia y sus transformaciones.

Primero, una definición

La comunidad de didactas se ha centrado durante mucho tiempo en el estudio de las concepciones erróneas. Sin embargo, como señalaron Rai y Kumar (2019), un análisis de la literatura muestra una gran diversidad en la forma en que se define el término "concepciones erróneas". En general, puede decirse que se describen como creencias o ideas incorrectas que divergen de las perspectivas científicas aceptadas, a menudo debido a razonamientos defectuosos, y también se les denomina concepciones alternativas, teorías ingenuas, marcos alternativos y preconcepciones (Rai y Kumar, 2019;

Rajendra y Khandagale, 2022). En este artículo utilizaremos el término "concepciones erróneas" para referirnos a "entendimientos o explicaciones que difieren de lo que es científicamente correcto" (National Research Council, 2012, p. 58).

En las últimas décadas, se han relevado concepciones erróneas de estudiantes en áreas científicas como física (Eryilmaz, 2002), química (Lemma, 2012) y biología (Abu-Hola, 2004; Rajendra y Khandagale, 2022; Svandova, 2014). También se han identificado en egresados (Coetzee y Imenda, 2012; Rajendra y Khandagale, 2022) y docentes (Abu-Hola, 2004; Hala, Syahdan, Pagarra y Saenab 2018).

El (problemático) caso de la naturaleza de la materia

Como señalan diversos autores, la NPM, crucial para la comprensión de temas químicos más avanzados, es notablemente difícil de asimilar (Özalp y Kahveci, 2015). Lograr una comprensión exhaustiva implica integrar dos niveles de análisis: poder describir las propiedades macroscópicas observables de diversos materiales y sus cambios—como los cambios en los estados de agregación, la formación de mezclas y las variaciones de volumen y presión—a través de un modelo microscópico. Este modelo, conocido como TCC, permite conceptualizar la materia como un sistema complejo de partículas que interactúan. Además, el uso de este marco microscópico requiere reconocer ciertas suposiciones:

1. La materia está formada por partículas imperceptibles a simple vista (es decir, la materia es discreta y no continua).
2. Estas partículas están en constante movimiento e interactúan entre sí mediante fuerzas regidas por las leyes de la física (es decir, las partículas son dinámicas e interactivas, no estáticas).
3. Entre las partículas existe espacio vacío.

La TCC se utiliza con frecuencia para explicar propiedades de los materiales, estados de la materia y cambios de fase, reacciones químicas y ciclos biológicos, y constituye una herramienta poderosa para el modelado y diseño experimental. Dado que permite predecir el comportamiento de la materia bajo diversas condiciones, es un componente clave en muchos currículos de ciencias desde la educación primaria hasta los primeros años de universidad (Treagust y col., 2009). Desde la década de 1970, numerosos estudios han examinado la comprensión de la TCC por parte de estudiantes en diversos niveles educativos. La mayoría de estas investigaciones se realizaron durante las décadas de 1980 y 1990, y un menor número de estudios se llevaron a cabo en los años 2000 (Harrison y Treagust, 2003; Kapici y Akcay, 2016). En conjunto, esta literatura indica que los y las estudiantes de nivel primario, secundario y universidad sostienen muchas concepciones erróneas, incluso después de intervenciones educativas específicas, particularmente al transitar entre representaciones macroscópicas, microscópicas y simbólicas (Özmen, 2013).

Un obstáculo importante para la comprensión parece ser la concepción errónea de que la materia es continua y no discreta, y que las partículas están en contacto entre sí, sin espacio vacío entre ellas (Griffiths y Preston, 1992;

Lee, Eichinger, Anderson, Berkheimer, Blakeslee, 1993; Nakhleh, 1992). Según Lee y col. (1993), esta idea incluye "diferentes tipos de sustancia [o aire] entre moléculas" (p. 257). Esta concepción se refuerza con los diagramas en libros de texto escolares (Andersson, 1990; Harrison, 2001).

Otro punto crucial es que las y los estudiantes no relacionan las propiedades macroscópicas con el comportamiento colectivo de las partículas (Johnson, 1998; Bucat, 2004; Chandrasegaran, Treagust y Mocerino, 2007; Stojanov, Šoptrajanov, y Petrusevski, 2012). En su lugar, atribuyen estas propiedades a las características individuales de las partículas microscópicas (Albanese y Vicenti, 1997; Andersson, 1986; Johnson, 1998). Por ejemplo, "las moléculas en el hielo son más pesadas que en el líquido, y las del vapor de agua son las más ligeras" (Krnel, Watson, Glazar, 1998). Incluso cuando los estudiantes comprenden conceptos fundamentales de la TCC, tienen dificultades para aplicarla en escenarios desconocidos (Ayas y col., 2009; Haidar y Abraham, 1991).

Desde la perspectiva docente, Valanides (2000), Tatar (2011), Håland (2013) y Aydin y Altuk (2013) han evidenciado concepciones erróneas entre futuros profesionales, particularmente sobre propiedades macroscópicas y microscópicas de la materia. Estas investigaciones subrayan la importancia de comprender sus concepciones sobre la NPM y abordar sus errores conceptuales, dado su impacto directo en el aprendizaje de los y las estudiantes (Kolomuç y Tekin, 2011; Rai y Kumar, 2019; Sopandi, Latip, y Sujana 2017).

Chophel (2022) agrupa las principales concepciones erróneas como desafiantes en cuatro puntos clave:

1. Toda la materia está compuesta por partículas discretas.
2. El espacio entre las partículas está vacío.
3. Las partículas están en movimiento aleatorio constante.
4. Existen enlaces o fuerzas entre las partículas.

Estas categorías, consistentes con las tres suposiciones de la TCC, servirán como marco para el análisis de resultados en este estudio.

OBJETIVOS

El objetivo de este artículo es explorar las concepciones sobre la NPM que tienen docentes de nivel primario y secundario en ejercicio. En particular, realizamos una investigación diagnóstica exploratoria a través de diversas actividades, centrándonos en los cuatro grupos de concepciones erróneas comunes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Participantes

En el estudio participaron 53 docentes de primaria (P) de 6° y 7° grado (49 mujeres; 4 varones) y 46 docentes de ciencias de nivel secundario (S) (25 mujeres; 21 varones) de escuelas de gestión pública y privada de la Ciudad

y la Provincia de Buenos Aires. Los y las docentes de 6° y 7° grado trabajan con estudiantes de entre 10 y 12 años, mientras que en secundaria enseñan a estudiantes de entre 13 y 17 años. Todos los docentes participantes eran profesionales en ejercicio con al menos un año de experiencia y provenían de instituciones con las cuales la autora mantenía vínculo previo a través de actividades profesionales.

Los docentes de nivel secundario poseen una formación científica específica. Los profesorado de educación secundaria y superior en ciencias (Física, Química o Biología, entre otros) consisten típicamente en un programa de cinco años que incluye contenidos disciplinares específicos en profundidad, además de aspectos pedagógicos y práctica profesional docente (Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, 2025a; Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA), 2025). El título de docente de primaria se obtiene luego de cursar los profesorado de educación primaria, típicamente programas de cuatro años que proporcionan un enfoque integral en aspectos pedagógicos y, además, abarcan el dominio de las materias enseñadas en la primaria, como Matemática, Lengua, Ciencias Sociales y Ciencias Naturales, junto con estrategias de enseñanza para cada área (Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, 2025b). Sin embargo, los docentes de primaria no adquieren un conocimiento específico y profundo en biología, química o física.

Recolección de datos

Uno de los métodos más utilizados para identificar concepciones erróneas es la entrevista que, aunque proporciona detalles valiosos, limita el tamaño de la muestra. En cambio, las preguntas de opción múltiple son más estructuradas y eficientes, permitiendo obtener datos cuantificables de muestras más grandes. Como complemento, las preguntas abiertas permiten respuestas más completas y revelan habilidades de pensamiento de orden superior. Por ello, en este caso, elegimos usar preguntas de opción múltiple junto con un problema de respuesta abierta para explorar las respuestas de los y las docentes.

Cada docente realizó dos actividades como parte de sesiones más amplias de tres horas de duración que incluyeron capacitación específica en ciencias. En las sesiones no se abordó el contenido particular de la NPM ni la TCC. En su lugar, se trataron temas como planificación de clases, evaluación en ciencias y desarrollo de experiencias de laboratorio, entre otros.

Todos los docentes fueron informados de que los datos se utilizarían para investigar y dieron su consentimiento. La participación fue voluntaria. Se priorizó el cumplimiento de los principios éticos a lo largo de toda la investigación, con un fuerte énfasis en proteger el derecho de los participantes a retirarse, garantizar la confidencialidad y proteger la privacidad.

Actividad 1 (30 minutos)

Consistió en un primer cuestionario con cinco preguntas de respuesta única (Tabla 1, columna izquierda) y un segundo cuestionario con cuatro preguntas de opción múltiple, donde los y las participantes podían elegir más de una opción (Tabla 2, columna izquierda).

Para anticipar posibles respuestas y diseñar las opciones de elección, nos basamos en investigaciones previas (Ayas y col., 2009; Pozo y Gómez Crespo, 2005; Valanides, 2000; Özalp y Kahveci, 2015; Stojanovska, Šoptrajanov, y Petrusovski, 2012).

Ambos cuestionarios se realizaron al inicio de las sesiones, se entregaron en hojas impresas y se recolectaron al finalizar.

Actividad 2 (20 minutos)

Consistió en un problema tomado de Ben-Zvi, Eylon y Silberstein (1986):

Un alambre metálico tiene las siguientes propiedades: 1) es marrón, 2) es maleable, 3) conduce electricidad y calor. Cuando se calienta al vacío, se evapora y se convierte en un gas con las siguientes propiedades: 4) es amarillo, 5) tiene un olor penetrante, 6) reacciona con plásticos.

- a) Si pudieras aislar una partícula del alambre, ¿cuál de estas seis propiedades tendría?
- b) Si pudieras aislar una partícula del gas, ¿cuál de estas seis propiedades tendría?

Al finalizar la tarea, los y las docentes entregaron sus respuestas en hojas impresas y continuaron con la sesión. Las sesiones de docentes de primaria y secundaria se realizaron por separado, pero todos desarrollaron las mismas actividades en condiciones similares.

Análisis de datos

Para el análisis de las respuestas de opción múltiple, se calcularon los porcentajes de elección para cada opción y se realizó un test de normalidad de Anderson-Darling específico para muestras pequeñas que permite determinar qué tan bien se ajusta una distribución a los datos observados.

También se llevaron a cabo pruebas t para dos muestras. Valores de p inferiores a 0,05 se consideraron indicadores de diferencias significativas en los puntos porcentuales (delta) entre las poblaciones en estudio.

RESULTADOS

Las Tablas 1 y 2 presentan los porcentajes de elección de los y las docentes de primaria y secundaria en la Actividad 1, junto con las diferencias absolutas entre ambos grupos (delta) y los valores de p, que indican si estas diferencias son estadísticamente significativas.

Tabla 1. Porcentaje de docentes P y S que seleccionaron cada opción en las preguntas de respuesta única de la Actividad 1. Las opciones científicamente más adecuadas están resaltadas en negrita.

Elegí la opción que te parezca más adecuada en cada caso:	% elección		Λ
	P	S	
En una botella de aceite de oliva puro, ¿qué hay entre las partículas que forman el aceite?			
a. Nada, no hay espacio entre las partículas	43,4	32,6	10,8
b. Un espacio vacío en el que no hay nada	22,6	43,5	20,9*
c. Más aceite	18,9	6,5	12,4
d. Aire	15,1	17,4	2,3
e. Alguna otra sustancia	0,0	0,0	0,0
Cuando se añade una cucharadita de aceite a un vaso de agua se forma una capa delgada que cubre toda la superficie. Si esa misma cucharadita de aceite se añadiera a un lago, ¿qué ocurriría?			
a. Se extendería, pero solo cubriría hasta cierta área	17,0	58,7	41,7*
b. Se extendería y cubriría toda la superficie	34,0	17,4	16,6
c. El aceite se disolvería en el agua porque hay una cantidad mucho mayor de esta última	20,8	0,0	20,8*
d. Las partículas de aceite se separarían lo suficiente como para cubrir toda la superficie	28,3	23,9	4,4
¿Qué hay entre las partículas que forman el aire?			
a. Nada, no hay espacio entre las partículas	0,0	0,0	0,0
b. Un espacio vacío en el que no hay nada	37,7	63,0	25,3*
c. Más aire	50,9	10,9	40,0
d. Alguna otra sustancia	11,3	26,1	14,8
Al mezclar 250 mL de agua con 250 mL de alcohol, el volumen total de la solución es de 480 mL. ¿Qué podría explicar esto?			
a. Parte del alcohol se evapora al mezclar	32,1	17,0	15,1
b. Las partículas de agua y alcohol interactúan entre sí	24,5	35,8	11,3
c. Las partículas de alcohol desplazan las partículas de agua, ocupando su lugar	15,1	13,2	1,9
d. Hay una reacción química entre el agua y el alcohol	5,7	1,9	3,8
e. El alcohol es menos denso que el agua	22,6	18,9	3,7
Imaginé un anillo de oro puro, ¿qué hay entre las partículas que forman el oro del anillo?			
a. Nada, no hay espacio entre las partículas	75,5	45,7	29,8*
b. Un espacio vacío en el que no hay nada	13,2	54,3	41,1*
c. Más oro	11,3	0,0	11,3
d. Aire	0,0	0,0	0,0
e. Alguna otra sustancia	0,0	0,0	0,0

*p < 0.05

Tabla 2. Porcentaje de docentes P y S que seleccionaron cada opción en las preguntas de selección múltiple de la Actividad 1. Las opciones científicamente más adecuadas están resaltadas en negrita.

Elegí la opción que te parezca más adecuada en cada caso:	% elección		Λ
	P	S	
· Cuando el hierro se calienta hasta fundirse para crear una herramienta, las partículas de hierro...			
a. Se hacen más pequeñas	1,9	0,0	1,9
b. Se hacen más grandes	41,5	28,3	13,2
c. Mantienen su tamaño	32,1	52,2	20,1*
d. Se vuelven líquidas	32,1	4,3	27,8*
e. Comienzan a moverse	47,2	45,7	1,5
f. Se mueven más rápido	30,2	32,6	2,4
g. Se mueven más lento	0,0	0,0	0,0
h. Se calientan	49,1	26,1	23,0*
i. Se enfrían	1,9	0,0	1,9
· Cuando se limpia una superficie con alcohol y este se evapora, sus partículas...			
a. Se convierten en otra sustancia	18,9	4,3	14,6
b. Se hacen más pequeñas	0,0	0,0	0,0
c. Se hacen más grandes	58,5	50	8,5
d. Mantienen su tamaño	20,8	41,3	20,5*
e. Se vuelven gaseosas	35,8	19,6	16,2
f. Se mueven más rápido	77,4	78,3	0,9
g. Se mueven más lento	0,0	0,0	0,0
h. Se calientan	37,7	26,1	11,6
i. Se enfrían	0,0	0,0	0,0
j. Se acercan entre sí	13,2	2,2	11,0
k. Se alejan entre sí	32,1	65,2	33,1*
· Cuando congelás agua para hacer cubitos de hielo, las partículas de agua...			
a. Se vuelven sólidas	41,5	19,6	21,9*
b. Dejan de moverse	54,7	30,4	24,3*
c. Se mueven más rápido	0	0,0	0,0
d. Se mueven más lento	26,4	47,8	21,4*
e. Se calientan	0	0,0	0,0
f. Se enfrían	66,0	10,9	55,1*
· Cuando el vapor de la ducha se condensa en el espejo del baño, las partículas de agua...			
a. Se vuelven líquidas	37,7	17,4	20,3*
b. Se mueven más rápido	1,9	0,0	1,9
c. Se mueven más lento	26,4	80,4	54,0
d. Se calientan	0,0	0,0	0,0
e. Se enfrían	43,4	8,7	34,7*
f. Se acercan entre sí	32,1	58,7	26,6*
g. Se alejan entre sí	11,3	6,5	4,8
h. Se hacen más pequeñas	54,7	47,8	6,9
i. Se hacen más grandes	5,7	0,0	5,7
j. Mantienen su tamaño	20,8	52,2	31,4*

*p < .05

La Tabla 3 muestra las respuestas dadas por ambos grupos al problema, organizadas para el análisis en las cinco categorías utilizadas por Ben-Zvi y col. (1986). Se destacan las diferencias entre los grupos y se indica su significancia estadística.

Tabla 3. Porcentaje de docentes P y S que atribuyeron las propiedades a los átomos aislados en el problema. La opción más científicamente adecuada está resaltada en negrita.

Categorías	% atribución		Λ
	P	S	
a. Los átomos aislados del sólido tienen las propiedades del sólido y los átomos aislados del gas tienen las propiedades del gas.	35,8	15,2	20,6*
b. Los átomos, tanto aislados del estado sólido como del gas, siempre tienen las seis propiedades.	5,7	4,3	1,4
c. Los átomos aislados del sólido tienen las propiedades del sólido y los átomos aislados del gas tienen las propiedades del gas, pero algunas de las propiedades no puede tenerlas un solo átomo.	26,4	19,6	6,8
d. Los átomos aislados solo tienen las propiedades del gas.	3,8	4,3	0,5
e. Los átomos aislados no tienen ninguna propiedad.	24,5	54,3	29,8*
f. No clasificado.	3,8	2,2	1,6

*p <.05

DISCUSIÓN

En primer lugar, abordaremos las concepciones erróneas observadas en las respuestas de los docentes de primaria y secundaria relacionadas específicamente con los cuatro principios clave de la TCC y, en términos más generales, con la NPM. Posteriormente, analizaremos otras concepciones erróneas vinculadas al tamaño y la forma de las partículas, especialmente durante los cambios de estado.

Concepción errónea #1: la materia es continua

Según los resultados de la Tabla 1, el 18,9% de las y los docentes de primaria señaló que hay "más aceite" entre las partículas de aceite de oliva, porcentaje que aumenta al 50,9% para el aire y disminuye al 11,3% en el caso del oro. Estas respuestas indican una comprensión limitada de la NPM, ya que las y los docentes parecen conceptualizar la materia como una mezcla heterogénea con partículas suspendidas en una fase continua. Además, consideran al aire como un sistema con partículas más separadas, mientras que perciben los líquidos y sólidos como más compactos. Este razonamiento también se refleja en la creencia de que en los sólidos las partículas están en contacto directo, sin espacio entre ellas.

En secundaria se observa un patrón similar, aunque con menores porcentajes para gases y líquidos (10,9% y 6,5%, respectivamente), y sin selección de la opción "más oro" en sólidos. Estas diferencias pueden atribuirse a la formación científica más específica de las y los docentes de secundaria.

Las tendencias se replican en la pregunta sobre el aceite añadido a un lago. Mientras el 58,7% de los docentes de secundaria identificó correctamente que el aceite cubre un área limitada, solo el 17,0% de los docentes de primaria lo hizo. Un mayor porcentaje de docentes de primaria (34,0% frente al 17,4% de secundaria) creyó que el aceite cubriría toda la superficie del lago. De acuerdo con la NPM, la capa de aceite no puede extenderse infinitamente, sino que cubrirá una superficie limitada, determinada por el tamaño de las moléculas y sus interacciones. Sin embargo, más del 20% de docentes de ambos niveles seleccionó incorrectamente que las partículas de aceite se separarían lo suficiente como para cubrir toda la superficie (28,3%

primaria y 23,9% secundaria, Tabla 1, 2d). Esto sugiere una comprensión parcial de la NPM y la TCC: desconocen que las interacciones moleculares en los líquidos impiden que las moléculas se dispersen o bien que, cuando se vencen esas interacciones, lo que ocurre es un cambio de fase. Además, el 20,8% de las y los docentes de primaria sostuvo erróneamente que el aceite se disolvería en el agua, lo que denota que no comprenden totalmente el concepto de inmiscibilidad, ya que asumen que la naturaleza líquida de ambas sustancias permitiría que se mezclaran de manera uniforme, a pesar de sus propiedades distintivas.

Concepción errónea #2: el espacio entre las partículas no está vacío

Reconocer que hay espacio vacío entre partículas es un desafío tanto para estudiantes como para docentes, algo que también corroboran los resultados de este estudio.

En el caso de los gases, el 63,0% de las y los docentes de secundaria identificó correctamente la presencia de espacio vacío, frente al 37,7% de primaria (Tabla 1, 3a). Sin embargo, el 50,9% de los docentes de primaria consideró erróneamente que "más aire" llena este espacio, una idea menos frecuente en secundaria (10,9%) (Tabla 1, 3c). En cuanto a los líquidos, el 43,5% de los docentes de secundaria seleccionó la respuesta correcta, frente al 22,6% de primaria (Tabla 1, 1b). En cambio, el 43,4% de las y los docentes de primaria y el 32,6% de secundaria sostuvieron incorrectamente que no hay espacio vacío entre las partículas de aceite (Tabla 1, 1a). Con relación a los sólidos, aunque el 54,3% de los docentes de secundaria identificó correctamente la presencia de espacio vacío, solo lo hizo el 13,2% de primaria (Tabla 1, 5b). Consecuentemente, el 75,5% de primaria y el 45,7% de secundaria indicaron erróneamente que no existe espacio entre las partículas (Tabla 1, 5a).

Estas concepciones erróneas pueden derivar de las representaciones de la NPM en materiales educativos. Los sólidos suelen mostrarse como empaquetados de manera compacta en un patrón regular, lo que refuerza la idea de que "no hay espacio entre las partículas". Por otro lado, los gases se representan con amplios espacios entre partículas, generando la concepción errónea de que este espacio está lleno de "más aire" u "otras sustancias".

La compresibilidad también podría influir en estas concepciones erróneas. Los gases, al ser altamente compresibles, se asocian más fácilmente con la idea de espacio vacío mientras que los sólidos, percibidos como incompresibles, refuerzan la concepción errónea de que no hay espacio vacío entre las partículas, pese a su existencia a nivel microscópico.

Estos hallazgos están en consonancia con investigaciones existentes sobre las concepciones erróneas de los estudiantes, así como con los limitados estudios que analizan las ideas erróneas entre los docentes (Aydin y Altuk, 2013; Griffiths y Preston, 1992; Sopandi y col., 2017; Tatar, 2011; Treagust et al., 2009).

Concepción errónea #3: las partículas en los sólidos no tienen movimiento

Una concepción errónea destacada está relacionada con el movimiento de las partículas, especialmente en los cambios de fase (Tabla 2). Al preguntar sobre la congelación del agua, el 54,7% de los y las docentes de primaria y el 30,4% de secundaria sostuvieron incorrectamente que las partículas dejan de moverse (Tabla 2, 3b). Asimismo, el 47,2% de primaria y el 45,7% de secundaria indicaron erróneamente que las partículas de hierro "comienzan a moverse" al fundirse (Tabla 2, 1e). Esto sugiere que una gran parte del profesorado, aunque comprende que el proceso de fusión implica un aumento en el movimiento de las partículas, desconoce que las partículas en un sólido, como el hielo o el hierro sólido, mantienen un movimiento vibratorio aun cuando sus posiciones estén "fijas". Esto coincide con los hallazgos de Tatar (2011) en la que estudiantes de profesorado de primaria indicaron que las partículas de un sólido no podían moverse debido a que estaban fuertemente conectadas entre sí.

Con respecto al movimiento de las partículas como función de la temperatura, los resultados muestran que las y los docentes identifican más fácilmente el aumento de movimiento en transiciones de líquidos a gases que de sólidos a líquidos, posiblemente porque perciben mayores espacios entre partículas en los gases. Por ejemplo, el 77,4% de primaria y el 78,3% de secundaria respondieron correctamente sobre la evaporación del alcohol (Tabla 2, 2f), pero solo el 30,2% y el 32,6%, respectivamente, lo hicieron en el caso de la fusión del hierro (Tabla 2, 1f).

En cambios inversos, como la condensación del vapor de agua, el 80,4% de docentes de secundaria reconoció que las partículas se mueven más lento, frente al 26,4% de primaria. De manera similar, al discutir sobre la congelación del agua, la combinación de respuestas como "se mueven más lento" (Tabla 2, 5d) y "dejan de moverse" (Tabla 2, 5b) sugiere que este cambio en el movimiento de las partículas es más fácilmente perceptible para ambos grupos de docentes, aunque la representación de partículas en materiales sólidos como inmóviles es científicamente errónea.

Estos hallazgos destacan que las y los docentes tienen una comprensión más adecuada del movimiento de las partículas en la fase gaseosa en comparación con las transiciones que involucran sólidos, particularmente en casos donde los cambios en el movimiento son menos pronunciados, como en la fusión.

Los resultados están en línea con otras investigaciones, principalmente sobre concepciones erróneas entre estudiantes (Boz, 2006; Sreypouv y Shimizu, 2017; Tatar, 2011).

Concepción errónea #4: las partículas no interactúan entre sí

En la Tabla 1, la pregunta 4 aborda la mezcla de agua y alcohol, cuyos volúmenes no son aditivos. Solo el 24,5% de los y las docentes de primaria y el 35,8% de secundaria seleccionaron correctamente que esto se debe a las interacciones entre partículas (Tabla 1, 4b). Un 22,6% de primaria y un 18,9% de secundaria atribuyeron erróneamente el fenómeno a diferencias de densidad (Tabla 1, 4e). Esto sugiere una posible confusión entre los conceptos de masa y volumen, lo que los lleva a concluir erróneamente que, para una

misma masa, los dos líquidos ocuparían volúmenes diferentes, explicando así la discrepancia observada.

Estos hallazgos, que destacan las mayores dificultades que enfrentan los docentes de primaria para comprender el concepto de enlaces e interacciones entre partículas, se alinean con una concepción errónea más amplia sobre la distancia entre partículas en diferentes fases.

Durante la evaporación, cuando las partículas ganan energía cinética, el 13,2% de primaria y el 2,2% de secundaria sostuvieron incorrectamente que las partículas se acercan (Tabla 2, 2j). En cambio, el 65,2% de secundaria y el 32,1% de primaria reconocieron correctamente que se alejan (Tabla 2, 2k). Esto evidencia que los docentes de secundaria comprenden mejor cómo el aumento de energía cinética debilita las interacciones intermoleculares, permitiendo mayor separación.

Un patrón similar se observa en la condensación del vapor de agua: el 58,7% de secundaria identificó correctamente que las partículas se acercan, frente al 32,1% de primaria (Tabla 2, 4f). Por otro lado, un 11,3% de primaria y un 6,5% de secundaria sostuvieron erróneamente que las partículas se alejan (Tabla 2, 4g), posiblemente debido a la concepción errónea de que las partículas que se mueven más rápido pasan, en promedio, más tiempo próximas entre sí.

Concepciones erróneas sobre el tamaño de las partículas

Los datos en la Tabla 2 revelan una persistente concepción errónea sobre el cambio de tamaño de las partículas al pasar de una fase a otra. Un ejemplo claro se observa en las respuestas sobre la fusión del hierro, en la que el 41,5% de los docentes de primaria y el 28,3% de secundaria sostuvieron incorrectamente que las partículas "se agrandan" al fundirse (Tabla 2, 1b). Este error refleja una comprensión incorrecta de la NPM y la TCC, ya que las partículas no modifican su tamaño durante los cambios de fase, sino que aumentan su energía, disminuyen sus interacciones y se separan más. Solo el 32,1% de los docentes de primaria y el 52,2% de los de secundaria reconocieron correctamente que las partículas mantienen su tamaño (Tabla 2, 1c). Este error se extiende a la evaporación del alcohol: el 58,5% de los docentes de primaria y el 50% de los de secundaria sostuvieron erróneamente que las partículas "se agrandan" durante la evaporación (Tabla 2, 2c). Solo el 20,8% de primaria y el 41,3% de secundaria respondieron correctamente que las partículas mantienen su tamaño (Tabla 2, 2d). Esto muestra una brecha en la comprensión de cómo la energía afecta el movimiento y el espaciamiento de las partículas durante los cambios de fase.

Este patrón de error es más pronunciado en docentes de primaria, probablemente debido a una comprensión incompleta de la NPM y de cómo los cambios de energía afectan las interacciones y el espaciamiento, pero no el tamaño de las partículas, lo que coincide con hallazgos previos (Aydin y Altuk, 2013; Sreypouv y Shimizu, 2017; Stojanovska y col., 2012; Valanides, 2000).

Concepciones erróneas sobre propiedades microscópicas y macroscópicas

En el reconocido estudio de Ben-Zvi y col. (1986), se observó que los estudiantes de secundaria atribuyen características macroscópicas de un material a sus átomos individuales, lo que refleja una concepción errónea asociada a un modelo continuo de la materia. Los docentes de primaria y secundaria mostraron una tendencia similar: el 35,8% y el 15,2%, respectivamente, sostuvieron incorrectamente que un átomo conserva las propiedades macroscópicas del material (Tabla 3, a). Esta perspectiva podría explicar por qué muchos docentes sostuvieron que las partículas cambiaban de tamaño al modificarse su estado de agregación (Tabla 2).

Además, estos resultados son consistentes con el hecho de que una proporción significativa de docentes de primaria indicó que, cuando el hierro se funde, las partículas "se vuelven líquidas" y "se calientan" (32,1% y 49,1%, respectivamente, Tabla 2, 1d, h). De manera similar, cuando el alcohol se evapora, señalaron que las partículas "se vuelven gaseosas" y "se calientan" (35,8% y 37,7%, respectivamente, Tabla 2, 2e, h). Asimismo, creyeron que, cuando el agua líquida se congela, las partículas "se vuelven sólidas" y "se enfrían" (41,5% y 66,0%, respectivamente, Tabla 2, 3a, f), y cuando el vapor se condensa, las partículas "se vuelven líquidas" y "se enfrían" (37,7% y 43,4%, respectivamente, Tabla 2, 4a, e). Estas respuestas fueron menos frecuentes entre los docentes de secundaria, aunque todavía significativas.

En cuanto a la atribución parcial de propiedades a los átomos, el 26,4% de los docentes de primaria y el 19,6% de secundaria indicaron que algunas propiedades macroscópicas no pueden atribuirse a un solo átomo, pero sí otras (Tabla 3, c). Estos docentes parecen estar en una transición hacia un modelo particulado, pero todavía se ven influenciados por un modelo intuitivo y continuo de la materia, donde las partículas se perciben como versiones en miniatura de la sustancia en su conjunto (Ben-Zvi y col., 1986).

Solamente el 54,3% de los docentes de secundaria y el 24,5% de primaria señaló correctamente que ninguna propiedad macroscópica debe atribuirse a los átomos individuales (Tabla 3, e).

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

En este artículo buscamos explorar cómo las y los docentes de primaria y secundaria conceptualizan la NPM. Los y las docentes de secundaria presentaron consistentemente concepciones más adecuadas que sus pares de primaria en la mayoría de las preguntas, lo que probablemente se deba a su formación científica más especializada. Sin embargo, ambos grupos mostraron concepciones erróneas notables, particularmente en relación con el comportamiento de las partículas durante los cambios de fase, el espaciado entre partículas y la relación entre la energía cinética y el movimiento de las partículas.

Es necesario reconocer algunas limitaciones de esta investigación. En primer lugar, el tamaño de la muestra fue relativamente pequeño, lo que limita la generalización de los hallazgos a una población más amplia de docentes.

Aunque los resultados proporcionan una instantánea de las concepciones erróneas comunes, muestras más grandes y diversas ofrecerían una visión más completa de cuán extendidas están estas ideas en diferentes contextos educativos. En segundo lugar, el estudio se basó en datos autoinformados mediante preguntas de opción múltiple. Este formato, si bien útil para identificar concepciones erróneas, puede no capturar completamente la profundidad del entendimiento de las y los docentes ni la complejidad de sus procesos de pensamiento. Preguntas abiertas o entrevistas podrían complementar esta información, especialmente para determinar si estas concepciones erróneas están vinculadas a habilidades de razonamiento deficientes, escasa retención de conocimientos, falta de formación profesional, recursos de aprendizaje insuficientes o difíciles de acceder, y/o uso limitado de literatura científica, como sugieren estudios previos (Abu-Hola, 2004; Hala et al., 2018; Svandova, 2014) o bien a otros factores como experiencias cotidianas, razonamiento intuitivo, orígenes sensoriales, etc.

Dado que esta investigación se centró en las respuestas de los y las docentes, pero no evaluó cómo estas concepciones erróneas podrían influir en sus prácticas de enseñanza en el aula, futuras investigaciones podrían explorar el impacto directo de tales concepciones en los resultados de aprendizaje de los estudiantes. Asimismo, sería relevante indagar en las razones subyacentes que explican la persistencia de estas concepciones, así como evaluar la eficacia de estrategias de enseñanza específicas diseñadas para mejorar la comprensión docente sobre la teoría cinético-corpúscular de la materia. En particular, resultaría pertinente profundizar en el estudio de las concepciones, su justificación y su origen mediante la aplicación de técnicas de investigación cualitativa, que permitan captar la complejidad de los marcos interpretativos de los docentes. Complementariamente, una línea de trabajo prometedora sería el diseño, implementación y evaluación de propuestas formativas que apunten a confrontar de manera explícita estas concepciones erróneas en el aula, facilitando la construcción de modelos conceptuales más acordes con los fundamentos científicos actuales.

Estos resultados, de todas formas, resultan un buen punto de partida diagnóstico para recalcar que las y los docentes, especialmente en el nivel primario, podrían beneficiarse de intervenciones específicas dirigidas, particularmente en áreas como el movimiento de las partículas, las transiciones de fase y la visión microscópica de la materia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abu-Hola, I. (2004). Biological science misconceptions amongst teachers and primary students in Jordan: diagnosis and treatment. *Advances in Learning, Commerce and Security*, 1, 109–118.
- Albanese, A., y Vicenti, M. (1997). Why do we believe that an atom is colourless? Reflections about the teaching of the particle model. *Science & Education*, 6, 251–261. <https://doi.org/10.1023/A:1017933500475>
- Andersson, B. (1990). Pupils' Conceptions of Matter and its Transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18(1), 53-85. <https://doi.org/10.1080/03057269008559981>

- Ayas, A., Özmen, H., y Çalik, M. (2009). Students' conceptions of the particulate nature of matter at secondary and tertiary level. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8, 165-184. <https://doi.org/10.1007/s10763-009-9167-x>
- Aydin, A., y Altuk, Y. G. (2013). Turkish Science Student Teachers' Conceptions on the States of Matter. *International Education Studies*, 6(5), p104. <https://doi.org/10.5539/ies.v6n5p104>
- Ben-Zvi, R., Eylon, B. S. y Silberstein, J. (1986). Is an atom of copper malleable? *Journal of chemical education*, 63(1), 64-66. <https://doi.org/10.1021/ed063p64>
- Boz, Y. (2006). Turkish Pupils' Conceptions of the Particulate Nature of Matter. *Journal of Science Education and Technology*, 15(2), 203-213. <https://doi.org/10.1007/s10956-006-9003-9>
- Bucat, R. (2004). Pedagogical content knowledge as a way forward: applied research in chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 5(3), 215-228. <https://doi.org/10.1039/B4RP90025A>
- Chandrasegaran, A. L., Treagust, D. F., y Mocerino, M. (2007). The development of a two-tier multiple-choice diagnostic instrument for evaluating secondary school students' ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels of representation. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(3), 293-307. <https://doi.org/10.1039/B7RP90006F>
- Chophel, Y. (2022). *Remediating misconceptions related to particulate nature of matter using video animation: an action research*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.6496773>
- Coetzee, A., y Imenda, S.N. (2012). Alternative conceptions held by first year physics students at a South African university of technology concerning interference and diffraction of waves. *Research in Higher Education Journal*, 1-13.
- Duit, R. (2007). Science education research internationally: Conceptions, research methods, domains of research. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 3(1), 3-15. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75369>
- Duit, R., y Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671-688. <https://doi.org/10.1080/09500690305016>
- Eryilmaz, A. (2002). Effects of Conceptual Assignments and Conceptual Change Discussions on Students' Misconceptions and Achievement Regarding Force and Motion. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(10), 1001-1015.
- Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA) (2025). *Profesorados en ciencias*. <https://exactas.uba.ar/ensenanza/carreras-de-grado/profesorados-en-ciencias/>

- Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires (2025a). *Profesorados de Educación Secundaria y/o Superior*. <https://buenosaires.gob.ar/profesorados-y-formacion-en-educacion/profesorados-de-educacion-secundaria-yo-superior>
- Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires (2025b). *Profesorado de Educación Primaria*. <https://buenosaires.gob.ar/profesorados-y-formacion-en-educacion/profesorado-de-educacion-primaria>
- Griffiths, A. K., y Preston, K. R. (1992). Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(6), 611-628. <https://doi.org/10.1002/tea.3660290609>
- Haidar, A. H., y Abraham, M. R. (1991). A comparison of applied and theoretical knowledge of concepts based on the particulate nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(10), 919-938. <https://doi.org/10.1002/tea.3660281004>
- Hala, Y., Syahdan, U. A., Pagarra, H., y Saenab, S. (2018). Identification of Misconceptions on Cell Concepts among Biology Teachers by Using CRI Method. *Journal of Physics: Conference Series*, 1028.
- Harrison, A. G. (2001). How do Teachers and Textbook Writers Model Scientific Ideas for Students? *Research in Science Education*, 31(3), 401-435. <https://doi.org/10.1023/A:1013120312331>
- Harrison, A. G., y Treagust, D. F. (2003). The Particulate Nature of Matter: Challenges in Understanding the Submicroscopic World. En J. K. Gilbert, O. Jong, R. Justi, D. F. Treagust, y J. H. Driel (Eds.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (Vol. 17, pp. 189-212). Kluwer Academic Publishers. https://doi.org/10.1007/0-306-47977-X_9
- Johnson, P. (1998). Progression in children's understanding of a basic particle theory: A longitudinal study. *International Journal of Science Education*, 20(4), 393-412. <https://doi.org/10.1080/0950069980200402>
- Kapici, H. O., Akcay, H. (2016). Particulate Nature of Matter Misconceptions Held by Middle and High School Students in Turkey. *European Journal of Education Studies*, 2, 43-58.
- Kolomuç, A., y Tekin, S. (2011). Chemistry Teachers' Misconceptions Concerning Concept of Chemical Reaction Rate. *International Journal of Physics and Chemistry Education*, 3(2), Article 2. <https://doi.org/10.51724/ijpce.v3i2.194>
- Krnel, D., Watson, R., Glazar, S. A. (1998). Survey of research related to the development of the concept of matter. *International Journal of Science Education*, 20, 257-289. <https://doi.org/10.1080/0950069980200302>
- Lee, O., Eichinger, D. C., Anderson, C. W., Berkheimer, G. D., y Blakeslee, T. D. (1993). Changing middle school students' conception of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(3), 249-270. <https://doi.org/10.1002/tea.3660300304>
- Lemma, A. (2012). Diagnosing the diagnostics: misconceptions of twelfth

- grade students on selected chemistry concepts in two preparatory schools in eastern ethiopia. *African Journal of Chemical Education*, 2(2), 16-31. <https://www.ajol.info/index.php/ajce/article/view/82443>
- Limón, M. y Mason, L. (2002). *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice*. Kluwer Academic Publicshers.
- Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 191. <https://doi.org/10.1021/ed069p191>
- National Research Council (2012). Discipline-Based Education Research: Understanding and Improving Learning in Undergraduate Science and Engineering. En: S. R. Singer, N. R. Nielsen y H. A. Schweingruber (Ed.). *Committee on the Status, Contributions, and Future Directions of Discipline-Based Education Research, Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education*. The National Academies Press. <https://nap.nationalacademies.org/read/13362/chapter/8?term=58>
- Özalp, D. y Kahveci, A. (2015). Diagnostic assessment of student misconceptions about the particulate nature of matter from ontological perspective. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(3), 619-639. <https://doi.org/10.1039/C5RP00096C>
- Özmen, H. (2013). A Cross-National Review of the Studies on the Particulate Nature of Matter and Related Concepts. *International Journal of Physics and Chemistry Education*, 5(2), 81-110. <https://doi.org/10.51724/ijpce.v5i2.77>
- Pozo, J.I. y Gómez Crespo, M.A. (2005). The embodied nature of implicit theories: the consistency of ideas about the nature of matter. *Cognition and Instruction*, 23(3), 351-387. https://doi.org/10.1207/s1532690xci2303_2
- Rai, A.K. y Kumar, S. (2019). Misconceptions in Science: A Theoretical Analysis. *International Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 6(6), 543-551.
- Rajendra, C. y Khandagale, V. (2022). Intricacies in Identification of Biological Misconceptions. *Scholarly Research Journal for Interdisciplinary Studies*, 9(70), 16810-16819.
- Reiner, M., Slotta, J., Chi, M., y Resnick L. (2000) Naive Physics Reasoning: A Commitment to Substance-Based Conceptions. *Cognition and Instruction*, 18, 1-34. https://doi.org/10.1207/S1532690XCI1801_01
- Schnotz, W., V Osniadou, S. y Carretero, M. (1999) *New perspectives on conceptual change*. Oxford: Pergamon
- Sopandi, W., Latip, A. y Sujana, A. (2017). Prospective Primary School Teachers' Understanding on States of Matter and Their Changes. *Journal of Physics: Conference Series*, 812, 012075. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/812/1/012075>
- Sreyppouv, O. y Shimizu, K. (2017). Exploring misconceptions about the

- characteristics of solid, liquid, and gas among junior high school students in Kampot province, Cambodia. *Unnes Science Education Journal*, 6. <https://doi.org/10.15294/USEJ.V6I3.20351>
- Stojanovska, M., Šoptrajanov, B. y Petrushevski, V. (2012). Addressing misconceptions about the Particulate Nature of Matter among Secondary-School and High-School Students in the Republic of Macedonia. *Creative Education*, 3, 619-631. <https://doi.org/10.4236/ce.2012.35091>
- Svandova, K. (2014). Secondary School Students' Misconceptions about Photosynthesis and Plant Respiration: Preliminary Results. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 10(1), 59-67. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2014.1018a>
- Tatar, E. (2011). Prospective primary school teachers' misconceptions about states of matter. *Educational Research and Reviews*, 6(2), 197-200.
- Treagust, D., Chandrasegaran, A., Crowley, J., Yung, B., Cheong, I. y Othman, J. (2009). Evaluating students' understanding of kinetic particle theory concepts relating to the states of matter, changes of state and diffusion: A cross-national study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8, 141-164. <https://doi.org/10.1007/s10763-009-9166-y>
- Treagust, D.F. y Duit, R. (2008). Conceptual change: a discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. *Cultural Studies of Science Education*, 3, 297-328. <https://doi.org/10.1007/s11422-008-9090-4>
- Valanides, N. (2000). Primary student teachers' understanding of the particulate nature of matter and its transformations during dissolving. *Chemistry Education Research and Practice*, 1(2), 249-262. <https://doi.org/10.1039/A9RP90026H>
- West, L. H. y Pines, A. L. (1985). *Cognitive structure and conceptual change*. Sydney Academic Press.

Investigación en didáctica de la Química

LABORATORIOS REMOTOS PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Wendy Villalobos-González¹, Carlos Arguedas-Matarrita, Fernando Capuya³, Ignacio Julio Idoyaga^{3,4}

1- *Universidad Estatal a Distancia, Escuela de Ciencias Exactas y Naturales. Costa Rica.*

2- *Universidad Estatal a Distancia, Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Laboratorio de Experimentación Remota. Costa Rica.*

3- *Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica. Argentina.*

4- *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnica. Argentina*

E-mail: wvillalobosg@uned.ac.cr

Recibido: 26/02/2025. Aceptado: 27/05/2025.

Resumen. Los Laboratorios Remotos (LR) están transformando la educación científica, facilitando entornos de aprendizaje más inclusivos, accesibles, flexibles y seguros. En química, la experimentación es clave para comprender fenómenos y desarrollar habilidades científicas (HC). Esta investigación analiza la producción científica sobre los LR en la enseñanza de la química mediante una revisión sistemática en cuatro bases de datos, siguiendo PRISMA. De 111 documentos iniciales, se analizaron 32 con VOSviewer® y un GPT® personalizado. En los últimos seis años, las publicaciones sobre LR han aumentado, destacando estudios en América Latina y Europa, especialmente en Química Analítica. El 59,4% de los artículos menciona el desarrollo de habilidades científicas, pero solo el 18,8% las mide rigurosamente. Los estudios analizados presentan avances relevantes en el uso de LR, aunque se identifican limitaciones en la evaluación sistemática de las HC. Se recomienda el desarrollo de investigaciones futuras que integren metodologías de medición de las HC y propuestas didácticas innovadoras, orientadas a optimizar el impacto pedagógico de los LR en la enseñanza de la química.

Palabras clave. laboratorios remotos, educación, química, habilidades científicas.

Remote Laboratories for Chemistry Teaching and Learning: A Systematic Review

Abstract. Remote Laboratories (RL) are transforming science education by facilitating more inclusive, accessible, flexible, and safe learning environments. In chemistry, experimentation is essential for understanding phenomena and developing scientific skills (SS). This research analyzes the scientific production on RL in chemistry education through a systematic review of four databases, following the PRISMA protocol. Out of 111 initial documents, 32 were analyzed using VOSviewer® and a customized GPT®. Over the past six years, RL-related publications have increased, with a notable presence in Latin America and Europe, particularly in Analytical Chemistry. While 59.4% of the articles mention the development of SS, only 18.8% measure them. The analyzed studies present significant advances in the use of RL; however, limitations remain in the systematic evaluation of SS. Future research is recommended to incorporate robust assessment methodologies and innovative instructional proposals aimed at optimizing the pedagogical impact of RL in chemistry education.

Keywords. remote laboratories, education, chemistry, scientific skills.



INTRODUCCIÓN

En un mundo dinámico e interconectado, la incorporación de tecnologías emergentes en la educación ha transformado la forma en que se enseña y se aprenden las ciencias. Los habilitadores tecnológicos 4.0 se presentan como elementos clave para la transformación de la "Educación 4.0", facilitando la creación de entornos de aprendizaje más inclusivos, abiertos e innovadores. A través de la adopción de tecnologías como la inteligencia artificial (IA), la computación en la nube y los LR, las instituciones educativas pueden propiciar mejores aprendizajes, y garantizar el acceso equitativo (García-Peñalvo y col., 2024; González-Pérez y col., 2022).

Los LR son parte de una categoría más amplia llamada laboratorios en línea, que también incluye laboratorios virtuales (Zapata y Larrondo-Petrie, 2016). Un LR es un entorno tecnológico diseñado para el aprendizaje experimental. Estos laboratorios permiten la manipulación de equipos reales desde cualquier lugar y en cualquier momento a través de una interfaz gráfica. Estos se clasifican en laboratorios en tiempo real y diferidos; también denominados laboratorios ultra-concurrentes, que permiten la participación simultánea de un gran número de estudiantes (Bauzha y col., 2021; Navarro y col., 2024).

Los LR ofrecen una serie de ventajas que se pueden agrupar en tres categorías: 1) optimización de recursos, 2) accesibilidad y flexibilidad y 3) seguridad ambiental y personal. En términos de optimización de recursos, los LR permiten el acceso a equipos y experimentos científicos reales sin requerir instalaciones físicas costosas, lo que reduce significativamente los gastos en construcción, mantenimiento y adquisición de materiales, equipos y reactivos de laboratorio. En cuanto a la accesibilidad y flexibilidad, los LR eliminan barreras geográficas y físicas, admitiendo el acceso en cualquier momento, lo que permite repetición autónoma y tiende a la autorregulación de los aprendizajes. Por último, los LR contribuyen a la seguridad ambiental y personal, al minimizar el uso de: sustancias químicas, energía y emisiones relacionadas con el transporte. Asimismo, permiten la realización de experimentos con materiales peligrosos sin exposición a riesgos directos. (Navarro y col., 2024; Saravana Mohan y col., 2019; Silva y col., 2020).

La práctica experimental en química es fundamental porque proporciona un entorno donde las personas estudiantes pueden aplicar conceptos teóricos que suelen ser abstractos, en situaciones prácticas (Seery y col., 2023), desarrollando habilidades técnicas y científicas (Kelley, 2020; Villalobos-González-Pérez y col., 2022). Si bien numerosos estudios reconocen que los laboratorios (presenciales o remotos) fomentan el desarrollo de HC, en muchos casos este desarrollo es asumido como resultado implícito y no es evaluado de forma sistemática (Ramos Mejía, 2020; Trejo Lorenzana y col., 2024). La medición rigurosa de las HC es esencial porque permite verificar si las experiencias experimentales realmente fortalecen competencias como el análisis crítico, la resolución de problemas, la formulación de hipótesis o la interpretación de datos (Etkina y col., 2019). En el contexto actual de educación pospandemia, donde las interacciones prácticas son mediadas por tecnología, la evaluación de estas habilidades adquiere un papel prioritario (Idoyaga, 2023; May y col., 2023).

En este contexto, el uso de LR en la enseñanza de la química ha cobrado un interés creciente; estudios señalan que los LR fomentan el pensamiento analítico, la resolución de problemas, el análisis de datos y la comprensión de conceptos complejos a través de experiencias inmersivas y reales (Capuya y col., 2023).

Los LR inicialmente surgieron como una respuesta a los desafíos logísticos, de seguridad y de accesibilidad presentes en los laboratorios tradicionales (Lima y col., 2023; May y col., 2023). Con el tiempo, estos laboratorios han adoptado tecnologías avanzadas, como la automatización y la IA, lo que ha permitido mejorar la precisión, la accesibilidad y la efectividad de los experimentos a distancia. Estas mejoras tecnológicas han ampliado las posibilidades de los LR en la educación, permitiendo a las personas estudiantes de química realizar experimentos complejos desde cualquier ubicación (McGlynn y col., 2023).

A pesar de lo anterior, se han identificado áreas de mejora, como la oportunidad de implementar soporte técnico en tiempo real y la posibilidad de brindar acompañamiento a las personas docentes que, en ocasiones, perciben los LR como un recurso limitado. Asimismo, las guías procedimentales de los LR deben ser bien estructuradas y detalladas; la omisión de pasos importantes puede desorientar a las personas estudiantes y generar frustración (May y col., 2023). Por otra parte, otras investigaciones señalan que no todas las habilidades se pueden incorporar en un LR, como las experiencias táctiles prácticas (Rubim y col., 2019).

Para superar estos desafíos, el diseño instruccional de los LR puede organizarse en torno a actividades de aprendizaje que fomenten pensamientos de orden superior y la integración efectiva entre la teoría y la práctica (Pinto y Zvacek, 2022). Por otra parte, estudios recomiendan implementar estrategias de motivación, guiar a las personas estudiantes de manera efectiva, generar espacios de retroalimentación, proporcionar soporte técnico y recursos adecuados que faciliten el aprendizaje independiente y colaborativo (May y col., 2023).

El objetivo de esta investigación es caracterizar la producción científica sobre los LR como herramienta didáctica en la enseñanza y aprendizaje de la química, evaluando estudios publicados entre 2000 y 2024. En esta revisión sistemática, se busca identificar cómo ha evolucionado la investigación en LR en química y cuáles son las áreas, los contenidos específicos, las estrategias didácticas y las HC abordadas en este tipo de experimentación. Se plantea como hipótesis general que los estudios más recientes tienden a incorporar estrategias didácticas más activas y tecnologías emergentes, pero aún presentan limitaciones en cuanto a la medición rigurosa de las HC promovidas a través de los LR.

METODOLOGÍA

Se desarrolló una revisión sistemática para recopilar y sintetizar los hallazgos de los estudios y abordar las preguntas de investigación:

P1: ¿Cómo ha evolucionado la investigación sobre LR en química en términos de cantidad y años de publicación, distribución geográfica y tipo de artículo?

P2: ¿Qué áreas de la química, nivel de complejidad y contenidos temáticos específicos se han abordado en los LR para su enseñanza y aprendizaje?

P3: ¿Qué estrategias didácticas se han abordado en los LR para la enseñanza y aprendizaje de la química?

P4: ¿Qué HC se han encontrado que fomentan los LR en las personas estudiantes de química?

Etapas de la investigación

La investigación se llevó a cabo en siete etapas secuenciales, según se muestra en la figura 1. Inicialmente, se realizó la búsqueda de documentos en las bases de datos seleccionadas.

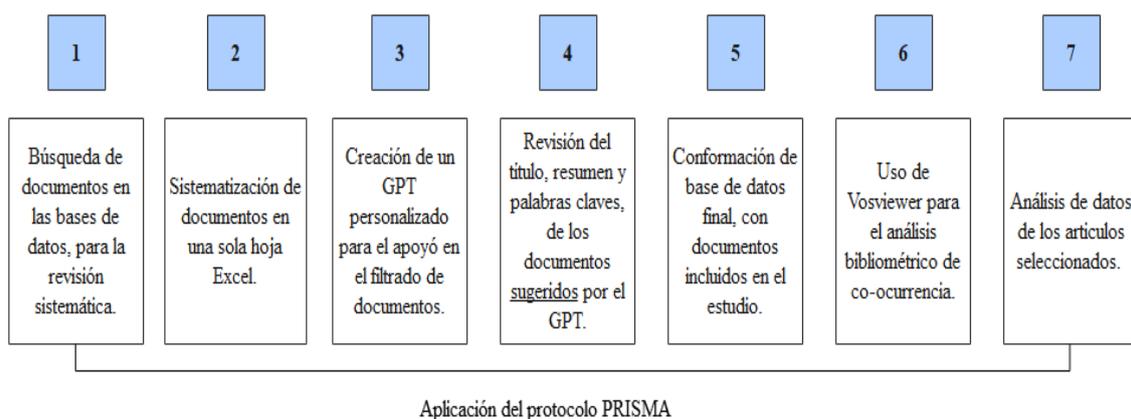


Figura 1. Diagrama de flujo con siete pasos secuenciales utilizados en el proceso de revisión sistemática.

En el segundo paso, se sistematizaron todos los documentos en una hoja de Excel®.

El tercer paso implicó la creación de un GPT® personalizado como herramienta de apoyo en el filtrado de los documentos.

En el cuarto paso, se revisaron los títulos, resúmenes y palabras clave de los documentos sugeridos por el GPT®.

El quinto paso implicó la creación de la base de datos final con los documentos seleccionados.

En el sexto paso, se utilizó el software VOSviewer 1.6.20. para realizar un análisis bibliométrico de co-ocurrencia y finalmente se realizó el análisis de datos de los artículos seleccionados.

Selección de documentos para el análisis sistemático

Para la revisión sistemática de la literatura, se empleó el protocolo Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses en adelante PRISMA (Page y col., 2021).

La revisión de la literatura se llevó a cabo en agosto de 2024, utilizando artículos científicos indexados en las bases de datos seleccionadas y los términos de búsqueda observados en la tabla 1.

Tabla 1. Protocolo de búsqueda utilizado en las bases de datos.

Base de datos	Término de búsqueda	Resultados
Scopus		15
Web of Science (WoS)		31
Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)	"Remote control" AND laboratories AND chemistry	49
Otras fuentes		16

La búsqueda inicial proporcionó 111 documentos, mismos que conformaron la base de datos inicial que fue sistematizada en Excel®. Cada documento fue descargado y codificado para asegurar una mejor organización.

Durante un análisis inicial, se eliminaron 6 citas duplicadas, que se encontraban tanto en la base de datos de la WoS como en Scopus, dejando un total de 105 documentos para la selección.

Los criterios de inclusión de documentos utilizados son:

- Documentos publicados entre el 2000 y 2024.
- Documentos escritos en inglés o español.
- Artículos científicos en las bases de datos establecidas y con proceso de revisión por pares.
- Estudios sobre LR en química.

Posteriormente, se desarrolló un GPT® personalizado (OpenAI, 2023) para facilitar el proceso de filtrado inicial de la base de datos.

Este modelo fue programado con instrucciones específicas (ver figura 2) y alimentado con una tabla en Excel® que incluía el título, autores, palabras clave y resumen de los 105 artículos identificados tras el proceso de búsqueda.

El GPT® analizó automáticamente cada entrada y seleccionó los documentos que aparentemente cumplían con los criterios de inclusión.

Paralelamente, se realizó una revisión manual del título, resumen y palabras clave por parte del equipo investigador, con el fin de verificar la precisión del filtrado automático.

En una segunda fase, se utilizó el GPT® para analizar de forma individual los resúmenes seleccionados, validando su pertinencia mediante una nueva instrucción: se solicitó al modelo que determinara si el artículo cumplía con los criterios de inclusión definidos.

Contexto	Eres un analizador de bases de datos especializado en el análisis de metadatos científicos.
Base de datos	Se te proporcionará una base de datos de Excel que contiene metadatos de artículos científicos. Los elementos clave que identificarás en el Excel son el tipo de base de datos (Scopus, WoS, IEEE y otros), el título del artículo, las palabras clave y el resumen del artículo.
Instrucciones	Con base en esta base de datos, debes identificar estudios sobre Laboratorios Remotos (LR) en la enseñanza y aprendizaje de la Química. Enfócate en identificar palabras clave como "laboratorio remoto", "laboratorio virtual", "laboratorio en línea", "experimento remoto", "aprendizaje remoto", "aprendizaje a distancia", "experimento de química en línea", "acceso remoto" y "control en tiempo real" en los documentos. Prioriza los artículos que sean específicamente sobre química. Si un artículo solo menciona tangencialmente los laboratorios remotos, márcalo para una revisión manual adicional y proporciona una breve explicación de su relevancia".
Criterios de inclusión de artículos	Publicación entre los años 2000 y 2024. Documentos escritos en inglés o español. Artículos científicos en las bases de datos establecidas con proceso de revisión por pares. Estudios específicamente sobre LR en la enseñanza y aprendizaje de la Química.

Figura 2. Instrucciones incluidas en el GPT® personalizado.

Finalmente, el equipo investigador revisó los resúmenes uno a uno para confirmar su adecuación, lo que permitió eliminar 73 documentos y mantener 32 artículos para el análisis sistemático.

Esta combinación de revisión automática y verificación humana garantizó eficiencia sin comprometer la validez metodológica del estudio (figura 3).

El riesgo de sesgo se redujo con las medidas estandarizadas utilizadas según el protocolo PRISMA. Las fuentes seleccionadas consistieron en documentos publicados en revistas sometidas a revisión por pares, garantizando así la calidad y rigor de las investigaciones incluidas.

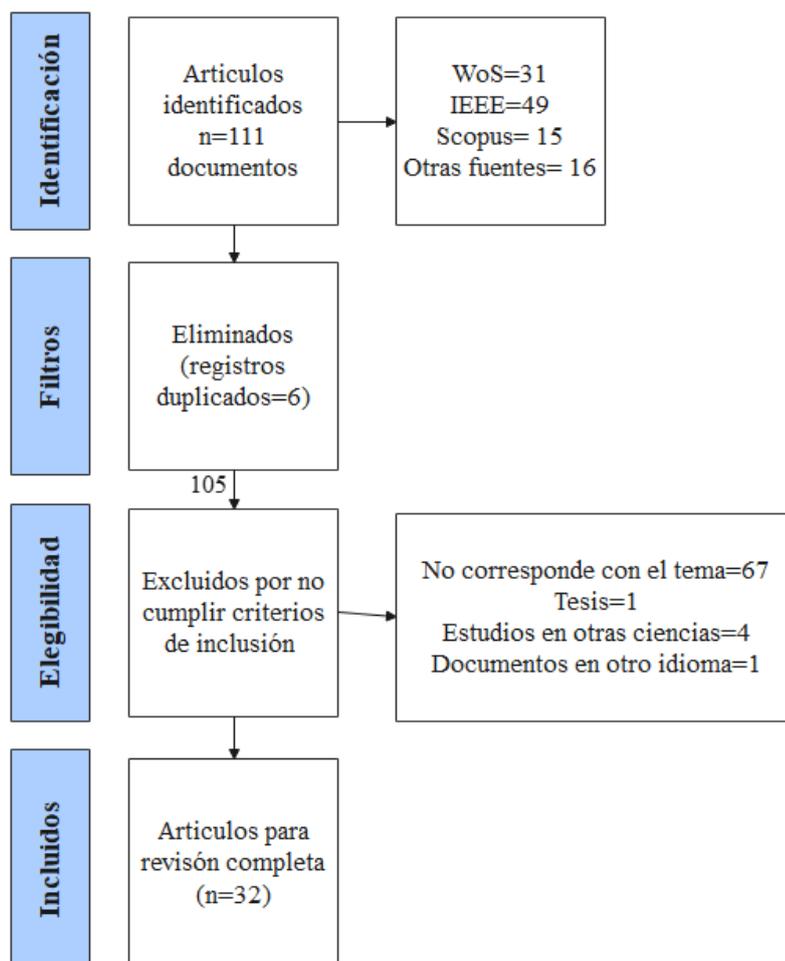


Figura 3. Diagrama de flujo para la selección de estudios según el protocolo PRISMA.

Análisis de datos

Con los documentos resultantes (n=32), se realizó un análisis bibliométrico de co-ocurrencia utilizando el software VOSviewer 1.6.20. Para ello, se definieron los siguientes parámetros propios del software: a) mapa basado en datos bibliográficos, b) tipo de análisis de co-ocurrencia, c) unidad de análisis todas las palabras claves y d) método de conteo total con un número mínimo de ocurrencias igual a 5. Posteriormente, mediante la lectura completa de los artículos se realizó la síntesis de los principales resultados y conclusiones presentados para abordar las cuatro preguntas de investigación establecidas.

El análisis de los documentos seleccionados se llevó a cabo utilizando un enfoque mixto, apoyado por estadística descriptiva. En la tabla 2, se muestran las categorías de análisis establecidas. El análisis de la información se realizó con el software Excel® y el programa Edraw® para el diseño gráfico de las figuras.

Tabla 2. Categorías de análisis para responder las preguntas de investigación.

Código de la pregunta	Categorías de análisis
P1	<p>a) Autores.</p> <p>b) Volumen de publicaciones por año.</p> <p>c) Distribución geográfica de la investigación.</p> <p>d) Tipo de artículo (Lima y col., 2016):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Técnico (T): documentos que describen el diseño, desarrollo, implementación, funcionamiento y mejoras técnicas de los LR. • Didácticos (D): documentos que analizan la implementación y los resultados del uso de los LR en cursos específicos. Se enfocan en su forma de integración en la enseñanza, las estrategias didácticas empleadas, los objetivos educativos y los resultados de aprendizaje obtenidos.
P2	<p>a) Áreas específicas de la química (orgánica, inorgánica, analítica, fisicoquímica, bioquímica, ingeniería química).</p> <p>b) Temas específicos abordados.</p> <p>c) Nivel de complejidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intermedio: aplicación de conceptos fundamentales de la química e interpretación de gráficos y datos experimentales. • Avanzado: aplicación de conceptos avanzados de la química e interpretación de gráficos y datos experimentales. <p>Las estrategias didácticas se clasificaron (Idoyaga y col., 2021):</p>
P3	<p>a) Estrategia mimética: docentes hacen una demostración utilizando el LR y estudiantes replican las acciones.</p> <p>b) Estrategia directriz: las personas docentes proporcionan una serie de protocolos a seguir por las personas estudiantes.</p> <p>c) Estrategia exploratoria: las personas estudiantes acceden al LR de forma autónoma.</p> <p>d) Estrategia contextual: la persona docente presenta un estudio de caso que se resolverá con el uso de LR.</p> <p>Las habilidades se clasificaron en (Sepúlveda Obreque y col., 2023):</p>
P4	<p>a) Básicas (técnicas): observar y describir fenómenos, realizar mediciones, registro de datos, comunicar y comparar ideas, organizar e interpretar tablas o gráficos.</p> <p>b) Investigativas (cognitivas): Formula preguntas sobre los fenómenos, identifica variables, diseña experimentos para contrastar variables, explica hallazgos, resolución de problemas, seleccionar instrumentos adecuados, plantear conclusiones, predecir resultados, formular y contrastar hipótesis.</p> <p>c) Reflexivas y críticas (metacognitivas): Análisis o reflexión crítica, comunicación científica, discusión de resultados, autoevaluación, creatividad, analiza evidencias, evaluación de procesos, aplicar conocimientos en contextos nuevos, proponer soluciones a problemas.</p>

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La red bibliométrica de palabras claves está compuesta por cuatro clústeres y se presenta en la figura 4; el término que resalta en el mapa es "laboratorio remoto" relacionándose con los otros clústeres. El clúster rojo destaca los enfoques en la enseñanza de la química con apoyo de la tecnología, ya que incluye términos como "educación", "Química", "control de procesos", "educación en línea" y "control remoto". Este patrón sugiere una orientación

hacia propuestas didácticas que integran automatización y plataformas digitales para la gestión de prácticas de laboratorio.

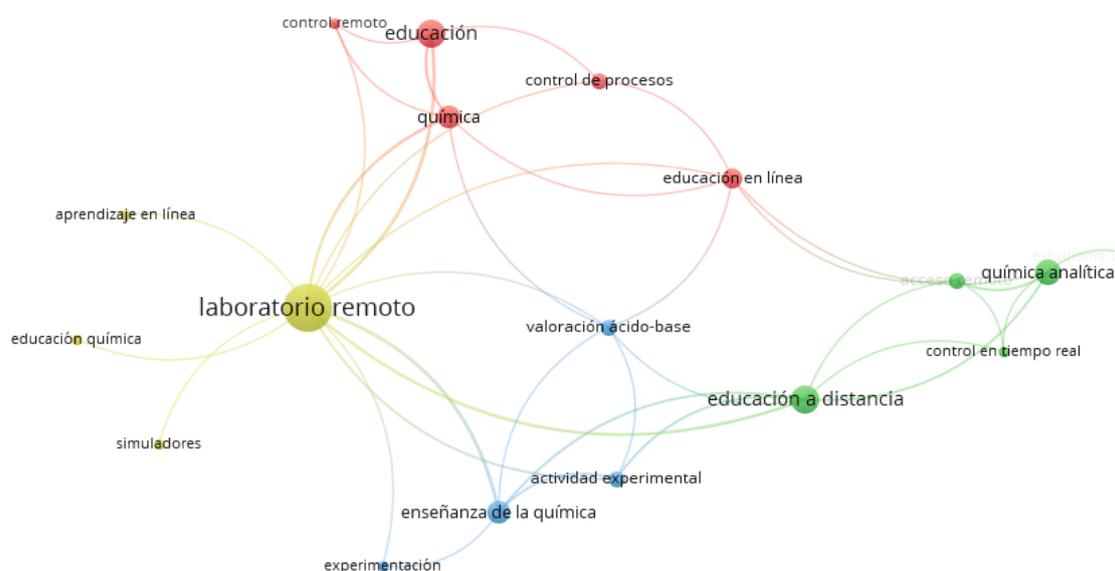


Figura 4. Red bibliométrica de co-ocurrencia de palabras obtenida de las palabras claves de los documentos seleccionados para el análisis sistemático.

Por otra parte, el clúster verde agrupa términos como "educación a distancia", "Química Analítica", "control en tiempo real" y "acceso remoto", lo cual indica un fuerte vínculo entre los LR y la enseñanza de contenidos específicos como la química analítica, destacando la importancia del monitoreo remoto de variables experimentales.

Seguidamente, el clúster azul asocia conceptos sobre la integración de los LR en la enseñanza de la química, haciendo énfasis en la "actividad experimental" y el tema de "valoración ácido-base", reflejando un interés por mantener la práctica científica aún en entornos virtuales.

Finalmente, el clúster amarillo incluye términos como "laboratorio remoto", "educación química", "simuladores" y "aprendizaje en línea", destacando la relevancia de los LR en el aprendizaje virtual de la química.

A continuación, se describirán los principales resultados para dar respuestas a las preguntas de investigación planteadas.

Evolución de la investigación sobre LR en la enseñanza y aprendizaje de la química

En la tabla 3, se resumen la información relativa a la autoría, el año de publicación, la distribución geográfica y el tipo de artículo. La revisión sistemática considera un periodo de 24 años, la mayor concentración de estudios se encuentra entre los años 2020 y 2024.

Tabla 3. Datos identificativos de los artículos utilizados en el análisis bibliométrico.

Núm.	Autores y año	País	Tipo de artículo	Núm.	Autores y año	País	Tipo de artículo
1	(Soong y col., 2021)	CAN	Didáctico	17	(Idoyaga, y col., 2020)	CRI, ARG	Didáctico
2	(Leal y Leal, 2013)	PRT	Didáctico	18	(Idoyaga y col., 2021b)	CRI, ARG	Didáctico
3	(Schulz y col., 2016)	DEU	Didáctico	19	(Wei y col., 2022)	GBR, AUS	Técnico
4	(Sipka y Bartova, 2021)	CZE	Didáctico	20	(Kantor y col., 2022)	USA	Didáctico
5	(Al-Najjar y col., 2023)	USA	Técnico	21	(Nolvachai y col., 2023)	AUS	Didáctico
6	(Arguedas-Matarrita, 2021)	CRI, ESP	Técnico	22	(Schauer y col., 2012)	SVK, CZE	Didáctico
7	(Baran y col., 2004)	CAN	Didáctico	23	(Clavijo y col., 2020)	ARG	Didáctico
8	(Tomé de Paula Campos y col., 2019)	BRA	Didáctico	24	(Montero-Miranda y col., 2022)	CRI	Didáctico
9	(Grassini y Lombardo, 2024)	ITA	Didáctico	25	(Capuya y col., 2023)	CRI, ARG	Didáctico
10	(Montero-Miranda y col., 2022)	CRI, ARG	Didáctico	26	(Cedazo y col., 2006)	ESP	Técnico
11	(Kennepohl y col., 2005)	CAN	Didáctico	27	(Abdulwahed y Nagy, 2013)	GBR	Didáctico
12	(Aubel y col., 2022)	DEU	Didáctico	28	(Wong y Kapila, 2001)	USA	Didáctico
13	(Lu y col., 2021)	CHN	Didáctico	29	(Lima y col., 2023)	PRT	Técnico
14	(Idoyaga y col., 2020)	CRI, ARG	Didáctico	30	(Frede y col., 2022)	DEU	Técnico
15	(Lizano-Sánchez y col., 2024)	CRI	Técnico	31	(Xie y col., 2022)	USA	Técnico
16	(Elizondo-Blanco y col., 2024)	CRI	Técnico	32	(Pokoo-Aikins y col., 2019)	USA	Didáctico

Como se puede observar los 32 artículos analizados provienen de 11 países, principalmente de las regiones de América del Norte (10), América Latina (11) y Europa (9). En relación con la distribución de artículos según su tipo, 23 se clasificaron como didácticos y 9 como técnicos. Costa Rica y Argentina son los países que lideran en publicaciones didácticas en colaboración. Costa Rica está presente en 6 artículos didácticos y 3 técnicos. Por otro lado, países como Estados Unidos y Alemania tienen una mayor cantidad de publicaciones técnicas, centradas en el diseño y desarrollo de los LR. En la figura 5, se muestra la distribución de documentos por año, donde se puede observar una mayor cantidad de publicaciones en los últimos 6 años (75%).

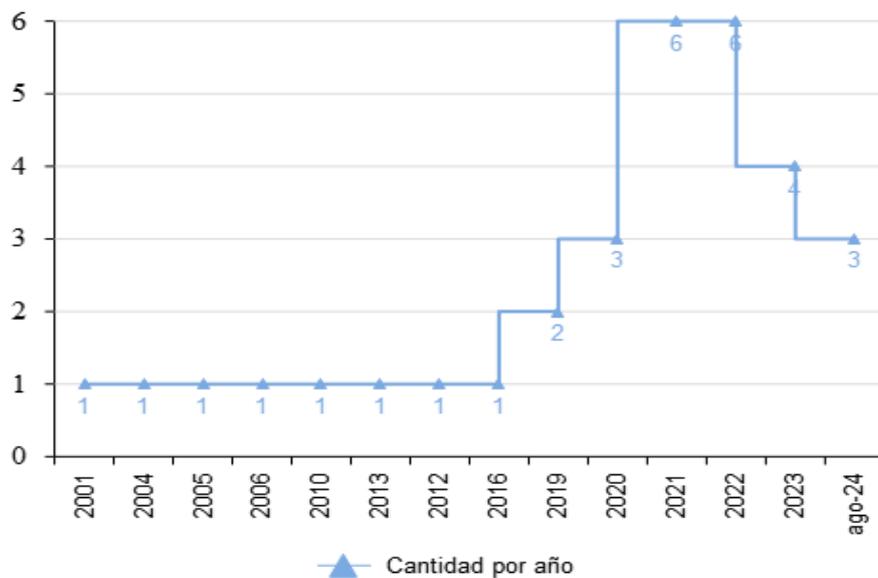


Figura 5. Representación gráfica correspondiente a la distribución temporal a los documentos analizados.

Áreas de la química, nivel de complejidad y contenidos temáticos específicos

La figura 6 representa la distribución de artículos por área de la química y nivel de complejidad. En cuanto a las áreas de la química abordadas en los artículos sobre LR, destaca en primer lugar la Química Analítica, representando un 50,0% de las publicaciones. Esto puede atribuirse al uso de métodos instrumentales para el análisis cuantitativo.

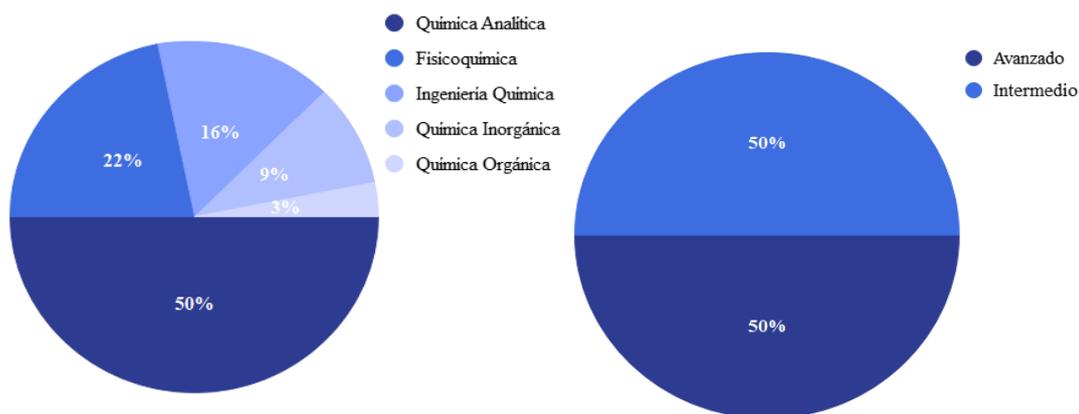


Figura 6. Distribución de artículos por área de la química y nivel de complejidad.

La adaptación de estos métodos para su implementación en LR es más factible debido a la precisión y la replicabilidad que ofrecen los instrumentos analíticos modernos, los cuales pueden ser controlados y monitoreados a

distancia. Otras áreas abordadas en los LR son la Fisicoquímica (22,0%) y la Ingeniería Química (16,0%).

El nivel de complejidad de los LR indicados en las publicaciones se distribuye equitativamente, con un 50% de LR clasificados con un nivel intermedio y el otro 50% como avanzado. Esta distribución refleja la diversidad de los temas abordados, donde algunos estudios exploran aspectos de la Química con un mayor grado de profundidad y configuraciones más complejas de LR.

Los temas específicos abordados se muestran en la tabla 4. La "Valoración ácido-base" es el tema más recurrente, mencionado en 8 artículos, seguido por la "Ley de Boyle" (3) y el "Control de procesos" (3). También se han explorado temas más especializadas y novedosas en los LR, como cromatografía (Schulz y col., 2016; Al-Najjar y col., 2023; Nolvachai y col., 2023), espectroscopía (Baran y col., 2004; Al-Najjar y col., 2023) y electroquímica (Schauer y col., 2012).

Tabla 4. Temas específicos abordados en los LR.

Área	Temas
Química Analítica	Valoración ácido base, cromatografía, espectroscopia, reacciones en equilibrio, ensayos de flujo lateral.
Fisicoquímica	Ley de Boyle, Ley de Gay-Lussac, sistemas térmicos, transferencia de calor, entropía y entalpía, expansión térmica de metales.
Ingeniería Química	Reactores, control de procesos, difusión de líquidos.
Química Inorgánica	Electroquímica, formación de cristales y procesos de corrosión.
Química Orgánica	Destilación

Estrategias didácticas

Para responder a la tercera pregunta de investigación, se analizaron todos los documentos clasificados como didácticos de la tabla 3 y se categorizaron según las estrategias empleadas (figura 7).

De los 23 artículos analizados, el 43,5% (10) fueron identificados que utilizaron una estrategia exploratoria, el 34,8% (8) directriz, y el 21,7% (5) contextual.

La estrategia exploratoria según los artículos analizados se caracterizaba porque las personas estudiantes accedían al LR de manera autónoma, con un alto grado de independencia en la ejecución de las actividades. Además, las personas estudiantes interactuaban con los equipos a través de la interfaz remota, pudiendo medir y modificar parámetros experimentales desde sus hogares (Leal y Leal, 2013; Nolvachai y col., 2023).

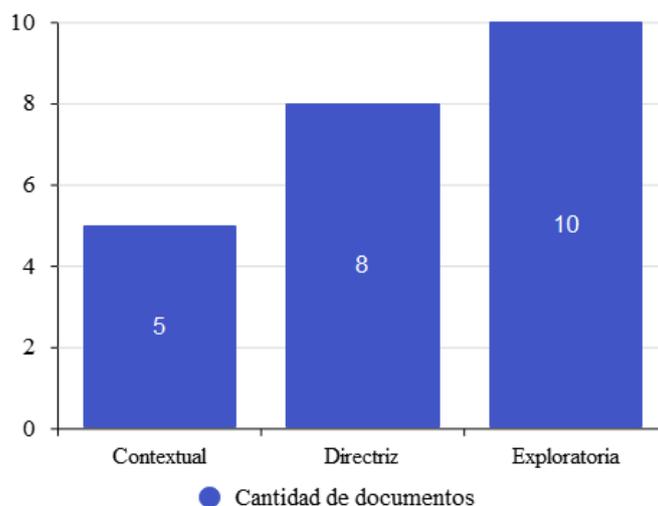


Figura 7. Distribución de artículos según las estrategias didácticas abordadas.

En general en los artículos que se utilizaron estrategias directrices, se determinó que las personas estudiantes reciben instrucciones precisas sobre cómo utilizar el LR. Por ejemplo, en los documentos que abordaban el tema de valoración ácido-base se proporcionaron guías de como ir ejecutando el experimento con el LR a través del sistema de control en línea, estas instrucciones abordaban actividades como elegir el valorante, ajustar el flujo del reactivo y monitorear los cambios visuales a través de la interfaz (Soong y col., 2021; Montero-Miranda y col., 2022; Idoyaga y col., 2023).

Con respecto a los artículos clasificados como contextuales; las personas estudiantes fueron introducidos a un problema real y debían aplicar sus conocimientos para resolver este problema utilizando las herramientas proporcionadas en el LR. Por ejemplo, en el estudio de Aubel y col. (2022), las personas estudiantes se enfrentaron a escenarios industriales específicos.

Habilidades Científicas

En cuanto a la respuesta de la pregunta de investigación número cuatro, se determinó que varios artículos mencionan cómo los LR fomentan HC en las personas estudiantes (figura 8). Sin embargo, en la mayoría de los casos, estas menciones se basan en referencias teóricas o suposiciones empíricas. De los 32 artículos analizados, 13 (40,6%) no hacen ninguna referencia a las HC. Por otro lado, 19 (59,4%) artículos sí mencionaban en el texto HC, pero solo 6 documentos cuentan con un análisis más profundo y explícito, fundamentado en la aplicación práctica de LR con grupos de estudiantes y la utilización de instrumentos para la medición de las habilidades.

Los artículos que en su texto mencionaban habilidades que se clasificaron como de "habilidades básicas" (6 documentos, 18,8%), indican que, mediante el uso de los LR, las personas desarrollan habilidades como la observación, medición, y registro de datos.

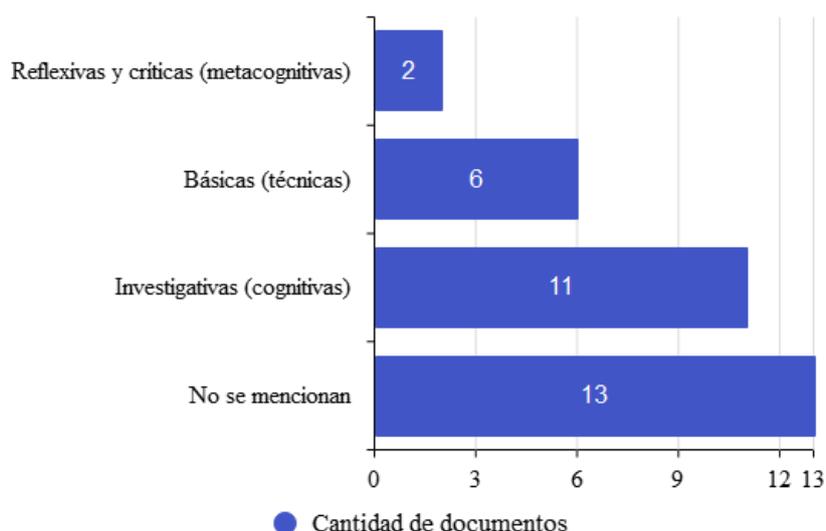


Figura 8. Distribución de artículos según las habilidades descritas en el texto del documento.

En el artículo "Impacto de los laboratorios remotos ultra concurrentes para el desarrollo de la actividad experimental en química" menciona específicamente que los LR desarrollados en la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica durante la pandemia, como el de valoración ácido-base y Ley de Boyle, permitieron a las personas estudiantes desarrollar habilidades experimentales, analíticas y de observación al acceder a experiencias de laboratorio basadas en datos reales (Lizano-Sánchez y col., 2024).

Los artículos que en su texto mencionaban habilidades que se clasificaron como de "habilidades investigativas" (11 documentos, 34,4%), de forma general indican que las personas estudiantes podían manipular parámetros experimentales, ejecutar experimentos reales, analizar datos recopilados y preparar informes, estas actividades son directamente relacionadas con habilidades como la formulación de preguntas, el diseño de experimentos, la resolución de problemas y la interpretación de resultados. En el artículo de Schulz y col. (2016), se indica que estudiantes desarrollaban habilidades relacionadas con el uso de métodos cromatográficos, lo que les permite formular preguntas, diseñar experimentos y resolver problemas complejos.

Otro ejemplo, es el estudio de Grassini y Lombardo (2024), donde se evidenció que el diseño y la configuración de experimentos, junto con la observación y el análisis en tiempo real, pueden fortalecer las habilidades como la identificación de variables, la toma de decisiones informadas y la elaboración de conclusiones fundamentadas en datos experimentales.

Por último, solo 2 (6,3%) artículos mencionan habilidades de orden superior como la reflexión y la crítica. En el artículo denominado "Rectification Laboratory - from in-lab to remote - the development story" destaca que las personas estudiantes adquieren habilidades en el control de sistemas de producción a través de un sistema de control y se enfrentan a la aplicación de tecnología de procesos, lo que amplía los objetivos de aprendizaje para incluir nuevas competencias como el manejo de datos y el aprendizaje basado en problemas. Además, se enfatiza la capacidad para experimentar con

parámetros del proceso y aprender de los errores, lo que fomenta un aprendizaje más independiente y autodirigido (Aubel y col., 2022). Estas actividades están relacionadas con el análisis crítico, la autoevaluación, la creatividad, y la aplicación del conocimiento en contextos nuevos, que son características clave de las habilidades metacognitivas. Como se mencionó anteriormente, solo 6 (18,8%) artículos incluyeron en su metodología la aplicación de los LR con grupos de estudiantes y el análisis explícitamente de las HC fomentadas con la experiencia. A continuación, se realiza una breve descripción de estos artículos:

- "Analysis and Characterization of Student Interactions in a Remote Laboratory: Measurement of the Enthalpy and Entropy of Vaporization of n-Octane": Este artículo explora cómo las personas estudiantes desarrollan HC a través de la interacción con el LR, incluyendo la recopilación e interpretación de datos, la prueba de hipótesis, y la elaboración de conclusiones. Las personas autoras utilizaron instrumentos específicos para medir estas habilidades.
- "Teaching Analytical Instrumentation Through Remote Access – A Gas Chromatography Perspective": Este documento examina cómo las personas estudiantes desarrollan habilidades relacionadas con la manipulación de parámetros experimentales y el análisis de datos, mediante la operación independiente de instrumentos de cromatografía de gases (GC) a través de una interfaz remota.
- "Engaging Students in Distance Learning of Science With Remote Labs 2.0": Este artículo discute cómo las personas estudiantes mejoran sus habilidades de razonamiento basados en la aplican instrumentos para medir HC. Se encontró que las personas estudiantes diseñaban experimentos, formulaban hipótesis y realizaban análisis de datos.
- "Mechatronics/Process Control Remote Laboratory": En este artículo se emplearon instrumentos para evaluar cómo, tras su participación en el LR, las personas estudiantes desarrollaban habilidades en el diseño, análisis, implementación y validación de experimentos, así como en la comprensión de conceptos abstractos y el aprendizaje cooperativo.
- "Designing and Implementing VR2E2C, a Virtual Reality Remote Education for Experimental Chemistry System": En este documento se midió la mejora en la comprensión de procesos experimentales y la capacidad de las personas estudiantes para analizar los efectos de los cambios en las condiciones experimentales. Se utilizaron instrumentos para evaluar el desarrollo de habilidades investigativas mediante el uso del LR.
- "Análisis del diseño experimental de dos laboratorios remotos diferidos para la enseñanza de la valoración ácido-base en Química": Este artículo se centró en el análisis del diseño e implementación de los laboratorios, así como en la percepción cualitativa de estudiantes y profesores. Menciona que los LR fomentan habilidades en observación y análisis de fenómenos, manipulación de variables experimentales, interpretación de datos y desarrollo de procedimientos sensoriomotores.

Aunque estos estudios proporcionan una base sobre el impacto de los LR en la educación científica y en el fomento de habilidades en el área de química, la investigación en este campo es limitada. Existe la necesidad de realizar

más estudios que no solo describan el desarrollo y la implementación de los LR, sino que también apliquen instrumentos específicos para la recolección de datos y la evaluación sistemática de las HC desarrolladas por las personas estudiantes. Esto es esencial para comprender el potencial de los LR en la formación científica y optimizar su implementación en entornos educativos.

Para superar estas limitaciones identificadas, se recomienda incorporar en las intervenciones educativas, instrumentos estandarizados de evaluación de las HC. Además, en las plataformas de los LR podrían integrarse herramientas de seguimiento digital que permitan registrar procesos y decisiones del estudiantado durante la experimentación. Estas estrategias deben acompañarse de procesos de validación empírica y triangulación con técnicas cualitativas, como entrevistas o grupos focales, que aporten evidencia complementaria sobre el desarrollo de las HC en contextos reales.

Este estudio no presenta una propuesta didáctica, sin embargo, los hallazgos obtenidos permiten identificar elementos clave para su diseño. En este sentido, se considera oportuno desarrollar una intervención educativa o una secuencia de enseñanza-aprendizaje basada en LR que integre estrategias activas centradas en el desarrollo y la evaluación explícita de las HC. Esta propuesta futura podría consolidarse mediante un estudio sistemático que permita validar su efectividad en contextos reales de enseñanza de la química.

CONCLUSIONES

La distribución de los clústeres en el mapa de co-ocurrencia revela que los LR se están utilizando con distintos enfoques en la enseñanza de la química, destacados la integración de la Química Analítica a nivel universitario. Esto coincide con lo encontrado en el análisis de los LR por área de la química, donde la Química Analítica representa el 50% de las publicaciones, reflejando la facilidad de adaptación de los métodos instrumentales, para que puedan ser controlados y monitoreados a distancia a través de una interfaz; lo que refuerza la importancia de los LR en este campo.

La revisión sistemática revela un aumento significativo en la investigación sobre LR para la enseñanza y aprendizaje de la química en los últimos seis años, con un 75% de las publicaciones concentradas entre 2020 y 2024. La distribución equitativa de la complejidad de los LR, con un 50% clasificados como intermedios y el otro 50% como avanzados, refleja la capacidad de este tipo de experimentación para abordar una amplia gama de temas en la química.

El análisis de las estrategias didácticas utilizadas en los LR revela una predominancia de la estrategia exploratoria, empleada en el 43,5% de los artículos analizados, donde las personas estudiantes acceden al laboratorio de manera autónoma, permitiéndoles una interacción directa y flexible con los experimentos. La estrategia directriz, utilizada en el 34,8% de los estudios, se enfoca en guiar a las personas estudiantes a través de instrucciones precisas para la ejecución de actividades específicas, como en los experimentos de valoración ácido-base. Por último, la estrategia contextual, aplicada en el 21,7% de los casos, involucra la resolución de problemas reales utilizando el LR. Estas estrategias reflejan un enfoque

diverso en la enseñanza de la química mediante LR, adaptándose a diferentes necesidades pedagógicas y niveles de autonomía estudiantil.

El análisis de los artículos revela que, aunque la mayoría de los autores reconoce el potencial de los LR para fomentar HC, solo un pequeño número de estudios realiza un análisis fundamentado en la aplicación práctica con grupos de estudiantes. De los 32 artículos revisados, solo 6 (18,8%) emplearon instrumentos específicos para medir de manera sistemática las HC desarrolladas. La mayoría de los estudios se limitan a menciones teóricas o empíricas, dejando una brecha en este punto que necesita ser abordada. Futuras investigaciones no deben limitarse a describir el desarrollo e implementación de los LR, sino que también se evalúe de acuerdo con los alcances de las investigaciones, incluir la aplicación de metodologías más rigurosas y herramientas de evaluación que permitan medir el impacto de estos laboratorios en la formación de HC, a fin de optimizar su uso y maximizar su efectividad en entornos educativos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arguedas-Matarrita, C., Montero-Miranda, Eric., Vargas-Badilla, Laura., Sánchez-Brenes, R., Ríos-Badilla, E., Orduña, P. y Rodríguez-Gil, L. (2021). Design and development of an ultra-concurred laboratory for the study of an Acid-Base Titration (ABT) at the Universidad Estatal a Distancia (UNED), Costa Rica. *Online Engineering and Society 4.0.REV 2021. Lecture Notes in Networks and Systems*, 298. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-82529-4_13
- Al-Najjar, A., Rao, N. S. V., Sankaran, R., Zandi, H., Mukherjee, D., Ziatdinov, M. y Bridges, C. (2023). Cyber Framework for Steering and Measurements *Collection over Instrument-Computing Ecosystems. Proceedings - 2023 IEEE International Conference on Smart Computing, SMARTCOMP 2023*, 198–200. <https://doi.org/10.1109/SMARTCOMP58114.2023.00046>
- Aubel, I., Kaiser, D. y Bertau, M. (2022). Rectification Laboratory - from in-lab to remote - the development story. *2022 IEEE German Education Conference, GeCon 2022*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/GeCon55699.2022.9942756>
- Baran, J., Currie, R. y Kennepohl, D. (2004). Remote Instrumentation for the Teaching Laboratory. *Journal of Chemical Education*, 81(12), 1814. <https://doi.org/10.1021/ed081p1814>
- Bauzha, O., Kozinetz, A., Sus, B., Chaikivskyi, T. y Zagorodnyuk, S. (2021). Applying the Communication Technologies for Remote Laboratory Works and Reseach Experiments. *UkrMiCo 2021 - 2021 IEEE International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, Proceedings*, 97–102. <https://doi.org/10.1109/UkrMiCo52950.2021.9716597>
- Capuya, F., Montero Miranda, E., Arguedas Matarrita, C. e Idoyaga, I. Laboratorios Remotos: Un recurso para el aprendizaje de la temática de gases en cursos universitarios masivos en Argentina durante la pandemia

- de la COVID. *Innovaciones Educativas*, 25(38), 246–262.
<https://doi.org/10.22458/ie.v25i38.4121>
- Cedazo, R., Sánchez, F. M., Sebastián, J. M., Martínez, A., Pinazo, A., Barros, B. y Read, T. (2006). Ciclope Chemical: A remote laboratory to control a spectrograph. *Engineering and Computer Education*.
<http://www.ciclope.info>
- Clavijo, S., Serrano, G. y Catalán, L. (2020). Experiencias en metalurgia a través de un laboratorio remoto flexible con dispositivos programables. *Revista Enseñanza de La Física*, 32, 71-78.
<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/30968>
- Etkina, E., Brookes, D. y Planinsic, G. (2019). *Investigative Science Learning Environment When learning physics mirrors doing physics*. Morgan & Claypool Publishers. <https://doi.org/10.1088/2053-2571/ab3ebd>
- Elizondo-Blanco, D., Obando-Viquez, M. P. y Lizano-Sánchez, F. (2024). Desarrollo de un laboratorio remoto para el estudio de la expansión térmica de los metales. *Revista Nuevas Perspectivas*, 3(5).
<https://revistanuevasperspectivas.aduba.org.ar/ojs/index.php/nuevasperspectivas/article/view/55#:~:text=//revistanuevasperspectivas.aduba.org.ar/ojs/index.php/nuevasperspectivas/article/view/55>
- Frede, T. A., Hoving, S., Boettcher, K. E. R., Aubel, I., & Kockmann, N. (2022). Microcontroller-based Titration for Remote Lab. *2022 IEEE German Education Conference, GeCon 2022*.
<https://doi.org/10.1109/GeCon55699.2022.9942767>
- García-Peñalvo, F. J., Llorens-Largo, F., y Vidal, J. (2024). The new reality of education in the face of advances in generative artificial intelligence. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 27(1), 9–39.
<https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37716>
- González-Pérez, L. I., Ramírez-Montoya, M. S., y García-Peñalvo, F. J. (2022). Technological Enablers 4.0 to Drive Open Science and Education: Input to UNESCO Recommendations. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 25(2), 23–48.
<https://doi.org/10.5944/ried.25.2.33088>
- Grassini, S. y Lombardo, L. (2024). New Insights in Remote Teaching and Learning of Instrumentation and Measurement: The iHomeX Remote Lab Project. *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, 27(1), 26-30.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/10423663#:~:text=DOI%3A%2010.1109/MIM.2024.10423663>
- Idoyaga, I. (2023). El Laboratorio Extendido: nuevas perspectivas para el diseño de la enseñanza de las ciencias naturales en contextos digitales. *Innovaciones Educativas*, 25(Especial), 44–58.
<https://doi.org/10.22458/ie.v25iespecial.5083>
- Idoyaga, I. J., Vargas-Badilla, L., Moya, C. N., Montero-Miranda, E., Maeyoshimoto, J. E., Capuya, F. G. y Arguedas-Matarrita, C. (2021). Knowledge of university faculty about teaching chemistry with remote

- laboratories. *Educación Química*, 32(5), 154–167. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.5.79189>
- Idoyaga, I., Vargas-Badilla, L., Moya, C. N., Montero-Miranda, E. y Garro-Mora, A. L. (2020). El Laboratorio Remoto: una alternativa para extender la actividad experimental. *Campo Universitario*, 2. <https://www.researchgate.net/publication/347112572>
- Kantor, A. G., Scherr, T. F., Wright, D. W. y Verberne-Sutton, S. D. (2022). Incorporating Lateral Flow Assays into Undergraduate Analytical Chemistry Lab Curricula for In-Person, Hybrid, and Remote Learning Formats. *Journal of Chemical Education*, 99(2), 902–909. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00088>
- Kelley, E. W. (2020). Reflections on three different high school chemistry lab formats during covid-19 remote learning. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 2606–2616. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00814>
- Kennepohl, D., Baran, J., Connors, M., Quigley, K. y Currie, R. (2005). Remote access to instrumental analysis for distance education in science. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 6(3), 1-14. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v6i3.260>
- Leal, S. y Leal, J. P. (2013). A new Chemistry e-lab experiment: Chemical equilibrium reaction. *IEEE*, 154–155.
- Lima, J., Brito, T., Ferreira, O., Afonso, M. J., Pinto, V. H., Carvalho, J. A. y Costa, P. (2023). A Data logger for educational purposes of a laboratory chemical reactor: an IoT approach. *International Conference on Electrical, Computer, Communications and Mechatronics Engineering, ICECCME 2023*. <https://doi.org/10.1109/ICECCME57830.2023.10253326>
- Lima, N., Viegas, C., Alves, G. y Garcia-Penalvo, F. J. (2016). VISIR's Usage as an Educational Resource: A Review of the Empirical Research. *ACM International Conference Proceeding Series*, 02-04-November 2016, 893–901. <https://doi.org/10.1145/3012430.3012623>
- Lizano-Sánchez, F., Montero-Miranda, E., Sánchez-Brenes, R. y Arguedas-Matarrita, C. (2024). Impacto de los laboratorios remotos ultra concurrentes para el desarrollo de la actividad experimental en química. *Repertorio Científico*, 27, 50–63. <https://doi.org/10.22458/rc.v27iEspecial.5273>
- Lu, Y., Xu, Y. y Zhu, X. (2021). Designing and Implementing VR2E2C, a Virtual Reality Remote Education for Experimental Chemistry System. *Journal of Chemical Education*, 98(8), 2720–2725. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00439>
- May, D., Alves, G. R., Kist, A. A. y Zvacek, S. M. (2023). Online Laboratories in Engineering Education Research and Practice. In *International Handbook of Engineering Education Research* (pp. 525–552). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003287483-29>
- McGlynn, D. F., Panji, N. S., Frazier, G., Bi, C. e Isaacman-VanWertz, G. (2023). An autonomous remotely operated gas chromatograph for

- chemically resolved monitoring of atmospheric volatile organic compounds. *Environmental Science: Atmospheres*, 3(2), 387–398. <https://doi.org/10.1039/d2ea00079b>
- Montero-Miranda, Er., Lizano-Sánchez, F., Castillo-Rodríguez, K. y Arguedas-Matarrita, C. (2022). Actualización docente en la Experimentación Remota: El caso de la Ley de Boyle. *Nuevas Perspectivas*, 1(1), 1-17. <https://revistanuevasperspectivas.aduba.org.ar/ojs/index.php/nuevasperspectivas/article/view/1>
- Navarro, E. A., Moya, C. N., Lizano-Sánchez, F., Arguedas-Matarrita, C., Ley, C. M. e Idoyaga, I. (2024). Study of Free Fall Using an Ultra-Concurrent Laboratory at the University. *International Journal of Online and Biomedical Engineering*, 20(2), 4–15. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v20i02.43099>
- Nolvachai, Y., Zavahir, J. S., Herron, R. y Marriott, P. J. (2023). Teaching Analytical Instrumentation Through Remote Access - A Gas Chromatography Perspective. *Journal of Chemical Education*, 100(3), 1100–1108. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00569>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. In *The BMJ* (Vol. 372). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pinto, S. I. S. y Zvacek, S. M. (2022). Cognitive apprenticeship and T-shaped instructional design in computational fluid mechanics: Student perspectives on learning. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 50(1), 51–77. <https://doi.org/10.1177/0306419020915725>
- Pokoo-Aikins, G., Hunsu, N. y May, D. (2019). Development of a Remote Laboratory Diffusion Experiment Module for an Enhanced Laboratory Experience. *IEEE*.
- Ramos Mejía, A. (2020). Enseñar química en un mundo complejo. *Educación Química*, 31(2), 91-101. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.2.70401>
- Rubim, J. P., Mota, V. P., García, L. G., de Brito, G. L. R. y Dos Santos, G. F. (2019). The use of remote experimentation as a teaching tool: A literature review. *International Journal of Information and Education Technology*, 9(11), 826–830. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2019.9.11.1312>
- Saravana Mohan, M., Karthikeyan, P., Ram Kumar, D. y Rupesh, M. (2019). Remote laboratory. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 8(6 Special issue), 554–559. <https://doi.org/10.35940/ijeat.F1112.0886S19>
- Schauer, F., Gerhatova, Z., Ozvoldova, M., Cernansky, P. y Tkac, L. (2012). *Electrochemistry Remote Experiment - Galvanic Cell - II*. IEEE.

<https://doi.org/10.1109/REV.2012.6293184>

- Schulz, W., Fournier, C., Vahlbruch, J. W., Walther, C. (2016). IonLab - A remote-controlled experiment for academic and vocational education and training on extraction chromatography and ion exchange. *Radiochimica Acta*, 104(10), 743–748. <https://doi.org/10.1515/ract-2016-2588>
- Seery, M. K., Agustian, H. Y., Christiansen, F. V., Gammelgaard, B. y Malm, R. H. (2023). 10 Guiding principles for learning in the laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 25, 383–402. <https://doi.org/10.1039/d3rp00245d>
- Silva, J. B. da, Meister Sommer Bilessimo, S., Scheffer, G. R. y Nardi da Silva, I. (2020). Laboratórios Remotos como Alternativa para Atividades Práticas em Cursos na Modalidade EAD. *EaD Em Foco*, 10(2). <https://doi.org/10.18264/eadf.v10i2.942>
- Sipka, R. y Bartova, D. (2021). Virtual laboratory based on reactor furnace control. *Proceedings of the 2021 23rd International Conference on Process Control, PC 2021*, 125–130. <https://doi.org/10.1109/PC52310.2021.9447529>
- Soong, R., Jenne, A., Lysak, D. H., Ghosh Biswas, R., Adamo, A., Kim, K. S. y Simpson, A. (2021). Titrate over the Internet: An Open-Source Remote-Control Titration Unit for All Students. *Journal of Chemical Education*, 98(3), 1037–1042. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01096>
- Trejo Lorenzana, M. M., Custodio Carrillo, Y., Pérez Ángeles, V. y Valdez Parra, R. (2024). Importancia de las Habilidades de Pensamiento de Orden Superior e Inferior en la Educación Superior. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 6137–6171. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11813
- Villalobos-González, W., Mora-Barrantes, J. C., Hernández-Chaverri, R., Villalobos-Forbes, M. (2022). Evaluación de la implementación de enseñanza remota de emergencia durante el contexto COVID-19: un caso de estudio en asignaturas de laboratorio de química en una institución de educación superior. *Revista Tecnología En Marcha*, 35(5), 272–285. <https://doi.org/10.18845/tm.v35i5.6194>
- Wei, J., Treagust, D. F., Mocerino, M., Wallace, A. D. y Brown, T. C. (2022). Analysis and Characterization of Student Interactions in a Remote Laboratory: Measurement of the Enthalpy and Entropy of Vaporization of n-Octane. *Journal of Chemical Education*, 99(3), 1201–1210. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00697>
- Xie, C., Li, C., Sung, S. y Jiang, R. (2022). Engaging Students in Distance Learning of Science With Remote Labs 2.0. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 15(1), 15–31. <https://doi.org/10.1109/TLT.2022.3153005>
- Zapata, L. y Larrondo-Petrie, M. (2016). Models of Remote Laboratories and Collaborative Roles for Learning Environments. *International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*, 423–429. <https://doi.org/10.1109/REV.2016.7444517>

Investigación en didáctica de la Química

POTENCIAL COGNITIVO DE LA ENSEÑANZA EN QUÍMICA BIOLÓGICA I PARA EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO EN MEDICINA VETERINARIA

Paola Sabrina Boeris¹, Paola Rita Beassoni¹, Rocío Belén Martín²

1- Universidad Nacional de Río Cuarto, Facultad de Ciencias Exactas Físico-Químicas y Naturales. Departamento de Biología Molecular - Instituto de Biotecnología Ambiental y de la Salud - CONICET. Río Cuarto, Córdoba, Argentina

2- Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Departamento de Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología - CONICET. Córdoba, Córdoba, Argentina

E-mail: pboeris@exa.unrc.edu.ar

Recibido: 23/04/2025. Aceptado: 30/06/2025

Resumen. Este trabajo se realizó a fin de identificar el potencial cognitivo de las prácticas de enseñanza desarrolladas en Química Biológica I de Medicina Veterinaria para promover la construcción de aprendizajes significativos. Se llevó a cabo un estudio de caso enmarcado en un abordaje metodológico cualitativo. Para la recolección de datos se analizó el desarrollo actual de la asignatura y se realizaron entrevistas a docentes y encuestas a estudiantes. Los resultados mostraron valiosas percepciones que influyen positivamente en el aprendizaje significativo, destacándose la importancia otorgada al formato teórico práctico de dictado, al material audiovisual, al uso de herramientas digitales, a la implementación de instancias lúdicas y a la vinculación de los contenidos con casos concretos. Se identificaron puntos que demandan atención, como lo es el reconocimiento de contenidos curriculares que resultan menos atractivos por parte del estudiantado y la necesidad de brindar espacios que promuevan técnicas de estudio y pensamiento autónomo.

Palabras clave. química, medicina veterinaria, aprendizaje significativo.

Cognitive potential of teaching in biological chemistry I for meaningful learning in veterinary medicine

Abstract. This study was conducted to identify the cognitive potential of teaching practices implemented in Biological Chemistry I for Veterinary Medicine to promote the construction of meaningful learning. A case study was carried out within a qualitative methodological approach. Data collection involved analyzing the current development of BCI and administering questionnaires to teachers and surveys to students. The results revealed valuable perceptions that positively influence ML, highlighting the importance given to the theoretical-practical format of the course, audiovisual materials, the use of digital tools, the implementation of playful activities, and the connection of content with real-life cases. Areas requiring attention were also identified, such as the recognition of curricular content perceived as less appealing by students and the need to provide spaces that foster study techniques and autonomous thinking.

Keywords. chemistry, veterinary medicine, meaningful learning.



INTRODUCCIÓN

En la enseñanza de las ciencias, particularmente de la química, se evidencian dificultades para que los y las estudiantes logren una comprensión profunda y duradera de los contenidos. A menudo recurren a estrategias de memorización mecánica, lo que limita la posibilidad de integrar los saberes, establecer conexiones significativas y aplicarlos en contextos variados. Esta situación puede generar desmotivación, bajo rendimiento académico, escasa participación en las actividades áulicas y una percepción generalizada de complejidad o de escasa relevancia en asignaturas claves, tanto en los primeros años como a lo largo de la formación universitaria (Chonillo Sislema y col., 2025).

Ello pone en relieve la necesidad de promover un aprendizaje significativo (AS), entendiendo que aprender no se reduce a la acumulación de información, sino que implica construir activamente el conocimiento. Las teorías de Piaget, Vygotsky y Ausubel coinciden en que el aprendizaje es un proceso constructivo en el que el o la estudiante desempeña un rol activo. Aunque los autores parten de encuadres teóricos distintos, todos ellos comparten el principio de la importancia de la actividad constructiva de el y la estudiante en la realización de su aprendizaje. Particularmente, la teoría del AS de Ausubel y Sánchez Barberán (2002) plantea que el aprendizaje ocurre cuando la nueva información se relaciona con conocimientos previos, favoreciendo una comprensión profunda y duradera. En línea con ello, se concibe a la enseñanza como un proceso de comunicación dinámico y estructurado (Ordaz González y Britt Mostue, 2018) y sólo adquiere sentido si produce aprendizaje. En contraste, el aprendizaje mecánico, basado en la repetición, no facilita la integración del conocimiento y suele olvidarse rápidamente. En relación a esto, Penzo y col. (2010) diferencian entre el conocimiento funcional, que permite resolver problemas en distintos contextos, y el conocimiento inerte, útil sólo en situaciones idénticas a las de su adquisición. Aunque algunas estrategias mecánicas pueden ser necesarias, es esencial aplicar el conocimiento en diversos contextos para favorecer su apropiación significativa.

Lo anteriormente descrito pone de manifiesto que el ejercicio docente requiere formación continua para desarrollar estrategias de enseñanza efectivas y diseñar ambientes de aprendizaje adecuados. Se destaca la importancia de revisar críticamente la propia práctica con el objetivo de comprender, transformar y generar propuestas didácticas innovadoras (Ayala Samaniego, Bailey Moreno y Flores Fahara, 2023; Melgarejo, Barreto y Peraza, 2024). Sanjurjo (2011) enfatiza que una correcta organización de la clase permite estructurar cognitivamente el aprendizaje, por lo que es fundamental planificar adecuadamente las herramientas a implementar. El desafío docente es combinar un sólido conocimiento disciplinar con la capacidad de guiar a los y las estudiantes hacia un AS. Para ello es clave el conocimiento didáctico del contenido, que integra saberes disciplinares y estrategias pedagógicas para transformar el conocimiento especializado en un contenido accesible (Hernández Cano y Benítez Pérez, 2018). Además, es importante tener en cuenta el perfil profesional, la relación con otras asignaturas, los saberes previos y el año de la carrera.

Bajo estos conceptos, nos situamos en la enseñanza de la asignatura Química Biológica I (QBI), correspondiente al primer cuatrimestre del primer año de la carrera de Medicina Veterinaria (MV) de la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC). La experiencia en este espacio curricular indica que, en muchos casos, los y las estudiantes no logran un AS y recurren principalmente a estrategias mecánicas. Ello afecta a docentes, estudiantes y al propio espacio curricular. Para los y las docentes, implica la necesidad de repensar las prácticas de enseñanza y buscar estrategias para mejorar el aprendizaje. Para los y las estudiantes, se traduce en desmotivación, dificultades para aprobar exámenes y baja participación en actividades áulicas. Para QBI, representa una alta tasa de recursado y una percepción generalizada, por parte del plantel estudiantil, de dificultad y falta de relevancia.

A partir de lo expuesto, nos planteamos: ¿cómo incide nuestra práctica de enseñanza en el proceso de construcción de AS?, y ¿de qué manera es posible favorecer dicha construcción en QBI? Así, cobra importancia identificar el potencial cognitivo de las prácticas de enseñanza desarrolladas en QBI para promover la construcción de AS de sus contenidos. Por ello, se definieron como objetivos específicos: a) analizar las potencialidades de los recursos didácticos utilizados en el dictado de QBI; b) identificar, en la práctica de enseñanza, aspectos facilitadores y obstaculizadores del proceso de construcción de AS; y c) conocer, desde la perspectiva del estudiantado, cuáles son las prácticas y recursos de enseñanza que consideran que los ayudan a aprender de manera significativa.

METODOLOGÍA

El presente trabajo se enmarca dentro de una investigación diagnóstica de un estudio de caso y adopta un abordaje metodológico cualitativo. Esto permite el estudio de lo particular, singular y exclusivo, y valora las múltiples perspectivas de los/as interesados/as y la interpretación en contexto (Simons, 2011).

Se abordó como caso particular la asignatura QBI, la cual presenta una alta matrícula estudiantil, con 450-500 estudiantes por cohorte, en su mayoría ingresantes. Se encuentra organizada en 10 comisiones de aproximadamente 50 estudiantes cada una, con dos docentes a cargo. Cuenta con una carga horaria de 5 h semanales distribuidas en dos clases teórico-prácticas, en las que el desarrollo de guías de preguntas constituye la instancia práctica central. La investigación se focalizó en dos comisiones de la cohorte 2023, seleccionadas intencionalmente, las cuales guardan relación entre estudiantes encuestados/as y docentes entrevistadas, y se circunscribió al análisis a las primeras dos unidades de la asignatura: Soluciones, Electrolitos, pH y soluciones buffer. Escogidas por su complejidad conceptual y por ser percibidas por el estudiantado como poco articuladas con el campo profesional.

Como instrumentos de recolección se utilizaron cuestionarios diseñados para recabar información desde la perspectiva de estudiantes y docentes:

- encuestas a estudiantes: se administró un cuestionario estructurado con preguntas y afirmaciones orientadas a indagar aspectos percibidos como positivos y negativos en relación con la práctica docente y a su propio proceso de aprendizaje. Los cuestionarios se realizaron a través de la plataforma institucional EVELIA (Entorno Virtual Educativo Libre Argentino) de la UNRC, asegurando el acceso remoto y voluntario del estudiantado. Se recibieron 35 respuestas. El cuestionario incluyó seis afirmaciones evaluadas mediante una escala tipo Likert para medir el nivel de acuerdo o desacuerdo (1- muy en desacuerdo; 2- en desacuerdo; 3- ni de acuerdo ni en desacuerdo; 4- de acuerdo; 5- muy de acuerdo). Esta escala es ampliamente utilizada en estudios educativos por su capacidad para captar actitudes, percepciones y opiniones de manera estructurada y comparable (Joshi y col., 2015). Además, se incorporó una pregunta abierta relacionada a las estrategias de estudio utilizadas.

- entrevistas asincrónicas a tres docentes de la cátedra, dos de ellas con más de 15 años de antigüedad en el dictado de QBI (docentes A y B) y una de ellas con una amplia experiencia docente universitaria pero novel en este espacio curricular (docente C). Se elaboró cuestionario con una guía preestablecida con cinco preguntas abiertas (Figura 1), orientado a explorar las concepciones y experiencias en torno a la enseñanza de QBI. Fue enviado a través de soportes digitales.

CUESTIONARIO PARA LA ENTREVISTA A DOCENTES DE QBI	
Preguntas	
1.	Si tu antigüedad es mayor a 5 años y en relación a una mejora del espacio curricular, ¿puedes describir cuáles son los cambios curriculares, organizativos y/o didácticos más importantes que se han dado en este espacio curricular?
2.	Respecto a las Unidades que comprenden los contenidos de Soluciones, Electrolitos, pH y soluciones buffer, cuál o cuáles crees que revisten mayor dificultad y por qué?
3.	¿Podrías describir cómo llevas a cabo tu práctica de enseñanza actualmente? ¿qué estrategias didácticas utilizas? ¿Crees que alguna de ellas o todas favorecen el aprendizaje significativo? ¿por qué? ¿presentas ejemplos de la vida cotidiana o de su futuro profesional relacionados al tema a tratar? ¿cuales? ¿planteas situaciones que hacen más atractivo el contenido a enseñar? danos algún ejemplo.
4.	En relación a lo anterior, ¿cómo describes la respuesta de los y las estudiantes?
5.	¿Qué parámetros, según tu criterio, te permiten dar cuenta que los/as estudiantes logran un aprendizaje significativo? En relación a tu experiencia docente, has repensado tu tarea docente y tu práctica de enseñanza? ¿de qué manera? ¿Qué situación/es llevaron a ese replanteo? ¿Qué mejorarías de tu práctica de enseñanza?

Figura 1. Cuestionario diseñado para realizar las entrevistas a docentes.

Para el análisis de los datos recolectados, se empleó la triangulación de información (Yuni y Urbano, 2004), utilizando tres unidades de análisis: datos primarios y secundarios cualitativos, estudiantes y docentes. Los resultados se estructuraron en cuatro dimensiones: i) espacio curricular y sus contenidos, ii) estrategias de aprendizaje, iii) recursos y actividades que facilitan el aprendizaje y iv) estrategias de enseñanza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dimensión: espacio curricular y sus contenidos

En el último tiempo QBI ha experimentado transformaciones curriculares, organizativas y didácticas orientadas a promover el AS y el establecimiento de conexiones significativas. Entre los cambios más relevantes se destacan: la adopción de un formato teórico-práctico en reemplazo del enfoque

tradicional; la contextualización de los contenidos mediante guías de ejercitación con situaciones reales vinculadas a la MV y la distinción en ellas de ejercicios destacados y conceptos clave, los cuales son prioritarios al momento del trabajo áulico; la incorporación de actividades de lectoescritura y materiales digitales de apoyo (guía de apoyo teórico, biblioteca virtual, audiovisuales); y la adecuación del diseño de los exámenes y las instancias de evaluación para fomentar la comprensión por sobre la memorización. Con relación a esto último, los recuperatorios de exámenes parciales son hacia el final del cursado y hay un ciclo de apoyo complementario para alcanzar la regularidad, en caso de ser necesario. Estas estrategias se alinean con enfoques contemporáneos en la enseñanza de las ciencias, que destacan la importancia de metodologías activas y contextualizadas para facilitar el AS, priorizando la comprensión profunda y la aplicación práctica de los contenidos (Chonillo-Sislema y col., 2025, Hortigüela, Pérez Pueyo y Abella, 2015, Ordaz González y Britt Mostue, 2018, Polanco Hernández, 2005). A partir de entrevistas realizadas a docentes se indagó su percepción sobre estos cambios. Las docentes entrevistadas valoraron positivamente el formato actual de QBI y coincidieron en que los contenidos más desafiantes para el estudiantado son soluciones buffer, seguidos por electrolitos y pH. Las dificultades fueron atribuidas a la falta de asimilación de saberes previos, en línea con lo que Perkins (1995) denomina "síndrome del conocimiento frágil", caracterizado por el olvido rápido y la falta de comprensión profunda. En este sentido, reconstruir y resignificar los saberes previos y establecer conexiones significativas entre estos y nuevos conocimientos, favorece una comprensión genuina y duradera. Siendo clave el uso de estrategias didácticas que faciliten ese encuentro (Castillo y Ramírez, 2011).

Continuando con el análisis, la Tabla 1 presenta los resultados obtenidos de las valoraciones brindadas por los y las estudiantes en relación a QBI y a las unidades que incluyen los contenidos anteriormente citados (afirmaciones ítems 1 y 2). De acuerdo a la afirmación 1 se desprende que a los y las estudiantes les interesa asistir a clase (media: 4.34) y cuando se indagó acerca de los contenidos, los resultados guardaron relación con la percepción docente acerca de aquellos que revisten mayor dificultad. Siendo, las afirmaciones "me gustan los contenidos relacionados a electrolitos" y "me gustan los contenidos relacionados a buffer", las que mostraron valores de media más bajos (3.11 y 2.97, respectivamente) indicando un menor consenso respecto a las demás afirmaciones. Sin embargo, la afirmación 2 pone de manifiesto el nivel de acuerdo (medias cercanas a 4) acerca de la importancia de estos contenidos para la comprensión de otros temas de QBI u otras asignaturas como así también para su futuro profesional. Ello resalta la relevancia y el significado que los y las estudiantes atribuyen a estos contenidos para su formación. Si bien son los contenidos que menos les atraen, el hecho de que les interese asistir a clases sugiere una motivación intrínseca y una intención de trabajar, comprender, vincular e involucrarse en la construcción activa de conocimientos. Además, los y las estudiantes tienden a estar más comprometidos y dispuestos a aprender cuando ven la relevancia y la aplicabilidad de la información (Castillo, Marina y González, 2013, Castillo y Ramírez, 2011, Chonillo-Sislema y col., 2025, Ordaz González y Britt Mostue, 2018, Polanco Hernández, 2005).

Tabla 1. Media y desviación estándar (sd) de la Escala Likert a partir de las encuestas realizadas a estudiantes respecto a afirmaciones 1 y 2 (N=35).

Afirmaciones	Media	sd
1. En relación a la asignatura Química Biológica I:		
Me interesa asistir a clases	4.34	1.08
Me gustan los contenidos relacionados a soluciones	4.57	1.06
Me gustan los contenidos relacionados a electrolitos	3.11	1.07
Me gustan los contenidos relacionados a pH	3.85	1.00
Me gustan los contenidos relacionados a soluciones buffer	2.97	1.12
2. Respecto a las unidades referidas a soluciones, electrolitos, pH y buffer:		
Creo que estos contenidos son importantes para comprender otros temas de esta u otra asignatura	4.08	1.14
Los contenidos abordados son importantes para mi futuro profesional	4.02	1.20

Dimensión: estrategias de aprendizaje

Los estudios sobre estrategias de aprendizaje coinciden en que implican una secuencia de acciones dirigidas a la consecución del aprendizaje y requieren toma de decisiones consciente. Son procesos mentales para entender y adoptar información (Rubio y García, 2018). La afirmación 3 (**Tabla 2**), muestra las valoraciones brindadas por los y las estudiantes en relación a las estrategias de aprendizaje utilizadas. La mayoría de las opciones de mostraron valores cercanos a 4 (medias entre 3.82 y 4.17), indicando cierto nivel de acuerdo. Las afirmaciones "realizar esquemas/cuadros de los temas abordados" y "estudiar con mis compañeros/as" mostraron valores de media levemente inferior (3.51 y 3.65, respectivamente).

Tabla 2. Media y desviación estándar (sd) de la Escala Likert a partir de las encuestas realizadas a estudiantes respecto a afirmación 3 (N=35).

Afirmación	Media	sd
3. Al momento de abordar, comprender y/o estudiar los contenidos de soluciones, electrolitos, pH y buffer, me resultó de gran ayuda:		
Tomar apuntes durante la clase	3.82	1.31
Realizar resúmenes de los temas abordados	3.88	1.27
Realizar esquemas/cuadros de los temas abordados	3.51	1.12
Realizar las guías de actividades propuestas solo en clase	4.17	0.98
Realizar las guías de actividades propuestas en casa	3.97	1.07
Realizar las actividades propuestas junto a mis compañeros/as	3.94	0.96
Estudiar con mis compañeros/as	3.65	1.25

En adición a estas valoraciones, se les propuso nombrar otras estrategias que les ayudaron a procesar los contenidos. Aquí se destacó la importancia dada al material audiovisual. También se observó una notoria importancia al trabajo en clases (corrección de guías, repaso, puesta en común) y a las consultas a docentes y a sus pares. A un nivel más personal se identificó la importancia de la toma de apuntes, el uso de palabras clave y la realización de dibujos.

Acorde a las devoluciones recibidas podemos identificar estrategias de aprendizajes adoptadas por los y las estudiantes que se alinean con modelos contemporáneos que favorecen el AS y responden a una demanda de autonomía y flexibilidad. El uso de mapas conceptuales, esquemas, resúmenes, apuntes ayudan a organizar la información de manera jerárquica, lógica y estructurada y fomentan la conexión entre nuevos contenidos e información previa (Ausubel y Sánchez Barberán, 2002; Castillo y Ramírez, 2011). La realización de trabajos/actividades entre pares facilita el aprendizaje a través del diálogo, la discusión y el trabajo colaborativo, promoviendo habilidades como la argumentación y el pensamiento crítico (Hernández Sellés, Muñoz Carril y González Sanmamed, 2024, Rodríguez Zamora y Espinoza Núñez, 2017). Asimismo, la realización de la guía de ejercitación durante las clases proporciona la oportunidad de aclarar dudas al momento e incrementa la interacción docente-estudiante. La corrección y la puesta en común de resultados fomentan el aprendizaje a través del diálogo, incentivan a la reflexión sobre el propio proceso de aprendizaje, enriquecen la comprensión del contenido y favorecen la participación activa del y de la estudiante en la construcción de significados (Ordaz González y Britt Mostue, 2018). Por su lado, abordar las guías y el material audiovisual en casa, ofrecen la posibilidad de reflexionar, procesar e internalizar la información de manera individual, conectarse con el contenido a su propio ritmo y en el momento requerido. Además, la disposición del material digital permite ampliar las posibilidades de acceso, repetición y revisión de la información (Calzadilla, 2002; Florentín Núñez, 2010; Zuña Macancela y col., 2020).

Dimensión: recursos y actividades que facilitan el aprendizaje

En relación a la dimensión anterior y considerando las actividades realizadas por docentes y a las herramientas brindadas por la cátedra, se indagó acerca de la percepción de los y las estudiantes hacia qué prácticas docentes les ayudaron a comprender mejor los contenidos (Tabla 3, afirmación 4). Las medias mostraron valores entre 3.80 y 4.20, haciendo evidente un acuerdo con las afirmaciones planteadas y mostrando un mayor nivel de acuerdo a establecer relaciones de los contenidos con el desempeño profesional. Estos acuerdos destacan la idea de conocimiento relacionado permitiendo establecer conexiones entre nuevos conocimientos y conocimientos existentes e indican que los y las estudiantes reconocen esta interrelación (Medina Valderrama y Medina Valderrama, 2022; Chuquimia Sánchez, 2024).

Tabla 3. Media y desviación estándar (sd) de la Escala Likert a partir de las encuestas realizadas a estudiantes respecto a afirmaciones 4 y 5 (N=35).

Afirmaciones	Media	sd
4. Las siguientes actividades me ayudaron a comprender los contenidos de soluciones, electrolitos, pH y buffer		
Explicación de contenidos previo al desarrollo de actividades propuestas	4.08	1.26
Establecer relaciones con contenidos previos de esta u otras asignaturas	3.80	1.13
Establecer relaciones de los contenidos con situaciones cotidianas	4.02	1.09
Establecer relaciones de los contenidos con mi futuro profesional	4.20	1.07
5. Los siguientes recursos, brindados por química biológica I, me ayudaron a comprender los temas abordados de soluciones, electrolitos, pH y buffer		
Material bibliográfico sugerido	4.00	0.93
Power point de los teóricos ofrecidos	4.28	0.85
Videos sugeridos	3.97	0.98
Foro de consulta del aula virtual	3.54	1.06
Clases de consulta presenciales	3.94	1.10

Cuando se les consultó acerca de los recursos educativos ofrecidos por QBI (afirmación 5), las afirmaciones relacionadas al material de estudio (bibliografía, power point, videos) mostraron medias que variaron entre 3.97 y 4.28, evidenciando una valoración positiva. La combinación efectiva de material de lectura y audiovisuales brinda recursos flexibles y dinámicos que pueden potenciar significativamente el AS. Por un lado, el material de lectura permite llevar a cabo una lectura activa (subrayar, tomar notas, realizar aclaraciones y esquemas, organizar la información) mejorando la comprensión y retención de la información (Araoz Roble, de la Vara Estrada y Guerrero de la Llata, 2017). Por otro lado, el material audiovisual, a través de imágenes, animaciones o narrativas visuales, favorece la atención, el interés y la comprensión, especialmente en temas abstractos o complejos como los abordados en QBI. En contextos educativos actuales, en los cuales los y las estudiantes muestran una clara preferencia por lo visual, lo dinámico y lo digital, los recursos audiovisuales se posicionan como ejes importantes. Su uso facilita la revisión de los contenidos de manera autónoma y flexible, responde a las demandas cognitivas y culturales del estudiantado y potencia el desarrollo de competencias específicas (Hernández Ramos, Martínez Abad y Sánchez Prieto, 2021, Quintero y Borrero Neninger, 2023, Rodríguez Padín y col., 2022, Zhu y col., 2022). El interés hacia el material audiovisual, mostrado por los y las estudiantes de QBI, representa una oportunidad para la incorporación de material alternativo específico para los temas abordados en QBI.

Continuando con el análisis de las devoluciones recibidas en relación a la afirmación 5 (Tabla 3) y respecto a los espacios de consulta, puede observarse que la opción de clases de consulta presenciales mostró una media superior (3.94) respecto a la opción referida al foro de consulta del aula virtual (3.54). Si bien las plataformas virtuales ofrecen flexibilidad y accesibilidad, generalmente las actividades presenciales permiten una interacción directa entre estudiantes y docentes, lo que facilita una

comunicación más clara y personal (Fernández-Poncela, 2025). Independientemente de ello, la elección del espacio de consulta utilizado dependerá de las circunstancias de las personas involucradas y, una combinación de ambos espacios puede proporcionar un equilibrio efectivo.

A fin de establecer una relación con lo manifestado por los y las estudiantes, se les consultó a las docentes acerca de cómo llevan a cabo su práctica de enseñanza. La docente C se limitó a describir el formato preestablecido para el dictado de la asignatura. Las docentes A y B listaron una serie de actividades realizadas en clases y coincidieron en la vinculación de los contenidos de QBI con la MV y el quehacer diario, actividades con un nivel de acuerdo positivo por parte del plantel estudiantil. En cuanto a las estrategias de enseñanza utilizadas, la docente B manifestó la realización de actividades lúdicas y actividades mostrativas las cuales favorecen el AS por ser herramientas atractivas y significativas que pueden favorecer la interiorización de información, fomentar la participación activa y promover un ambiente de aprendizaje más dinámico (Chuquimia Sánchez, 2024; Medina Valderrama y Medina Valderrama, 2022; Pabón, 2014).

Cuando se les solicitó a las docentes que describieran cómo perciben la respuesta de los y las estudiantes hacia estas prácticas de enseñanza, Las tres docentes destacaron un notorio interés por parte del plantel estudiantil, aunque acentuaron que existe un número de estudiantes que muestra cierto desconcierto o desinterés hacia los temas abordados.

También se indagó sobre los parámetros que consideran que permiten evaluar si los y las estudiantes logran un AS. Por un lado, las docentes coincidieron en que la participación en clases y la capacidad de relacionar contenidos nuevos con conocimientos previos son indicadores claves de AS. Por otro lado, señalaron que las instancias evaluativas también constituyen un parámetro relevante para medir el aprendizaje. En relación con los resultados de los exámenes parciales, la docente C destacó que, en algunas ocasiones, la aprobación de los exámenes no se correlaciona con el desempeño en clase. Este hecho podría estar relacionado con factores personales, como el tiempo dedicado al estudio, las estrategias de aprendizaje, el interés y el razonamiento. Además, resalta la importancia de evaluar no solo la memorización, sino también el entendimiento profundo de los conceptos y su aplicación práctica, elementos fundamentales en el AS. Finalmente, la docente B estableció una distinción entre las evaluaciones parciales y finales. En las primeras (de formato escrito), señaló la dificultad de diferenciar entre un aprendizaje auténtico y una simple memorización. En cambio, las instancias de examen final (escrito y oral) permiten evidenciar el AS, ya que proporcionan una visión más integral del aprendizaje, abarcando tanto la retención de información como la comprensión y aplicación de los conocimientos y la posibilidad de aplicar esos conocimientos en diferentes contextos. Así, el diseño de instancias evaluativas que trasciendan la memorización superficial y promuevan la comprensión profunda y la aplicación práctica de los conocimientos contribuye significativamente a un AS duradero (Hortigüela y col., 2015; Ventura Álvarez, 2024).

Dimensión estrategias de enseñanza

Teniendo en cuenta el accionar docente tendiente a mejorar las prácticas de enseñanza, se les preguntó a las docentes si han repensando su tarea docente y su práctica de enseñanza y de qué manera creen que lo mejorarían. Las tres docentes concordaron con el replanteo continuo de la tarea docente y resaltaron la importancia de lograr la participación activa de los y las estudiantes, elemento necesario para mejorar la adquisición de saberes (Bell Rodríguez, Cachinell y Martín Álvarez, 2024; Sánchez Navarro, Ayala Elenes y Saldaña Belmar, 2024). La Docente A enfatizó la importancia de que los y las estudiantes se sientan atraídos por la asignatura y logren desarrollar sus habilidades. La docente B destacó la adaptabilidad de su práctica de enseñanza y reconoció la necesidad de evitar la repetición de enfoques tradicionales. Propuso mejoras concretas, (incorporación de situaciones lúdicas, material audiovisual, material relacionado a noticias/publicidades, prácticas de laboratorio), con el fin de mejorar la visualización y comprensión de los conceptos, subrayando la importancia de la experiencia directa en el aprendizaje duradero. Si bien la docente C, abordó la limitación de realizar prácticas de laboratorio en una materia masiva, destacó la importancia de ofrecer algunas clases prácticas donde los y las estudiantes puedan observar, comprender y fijar conocimientos. La experiencia directa y la visualización de conceptos emergen como elementos claves para mejorar la comprensión y retención de los contenidos y retrotraen a un modelo constructivista de aprendizaje. Aunque algunas de las estrategias mencionadas son implementadas individualmente por las docentes en sus respectivas clases, actualmente no existen lineamientos preestablecidos a nivel de cátedra, limitando el potencial de tales innovaciones.

En las entrevistas realizadas, las docentes destacaron la importancia del diálogo intracátedra como una estrategia específica para mejorar la práctica educativa. Estas iniciativas reflejan un esfuerzo consciente por parte de las docentes para elevar la efectividad de sus estrategias de enseñanza y fortalecer la conexión entre el contenido académico y las experiencias de los y las estudiantes (Ayala Samaniego y col., 2023; Melgarejo y col., 2024).

En concordancia con lo anterior se les consultó a los y las estudiantes sobre ciertas pautas del accionar docente (Tabla 4, afirmación 6).

Tabla 4. Media y desviación estándar (sd) de la Escala Likert a partir de las encuestas realizadas a estudiantes respecto a afirmación 6 (N=35).

Afirmación	Media	sd
6. Durante el desarrollo de las clases referidas a soluciones, electrolitos, pH y buffer el/la docente		
Promueve el desarrollo de técnicas de estudio	3.60	0.94
Induce a la reflexión	3.77	1.05
Estimula el pensamiento reflexivo y autónomo	3.65	1.06
Consigue mantener mi atención durante todo el desarrollo de la clase	3.82	1.16
Interacciona con los/as estudiantes	3.94	1.02
Promueve la participación de los/as estudiantes	4.02	1.09

Como puede observarse medias cercanas a 4 fueron obtenidas para las afirmaciones relacionadas a la capacidad de las docentes para mantener la atención durante las clases (3.82), su interacción efectiva con los y las estudiantes (3.94) y su fomento de la participación estudiantil (4.02), lo que sugiere puntos fuertes en la gestión del aula. Sin embargo, puntuaciones más bajas fueron obtenidas para las afirmaciones relacionadas con la promoción de técnicas de estudio (3.60), la inducción a la reflexión (3.77) y el estímulo del pensamiento autónomo (3.65). Esto señala aspectos específicos de mejoras y la necesidad de incorporación de estrategias pedagógicas que vayan más allá de la simple transmisión de información, propiciando actividades que fomenten el pensamiento crítico, la reflexión y el desarrollo de habilidades autónomas de los estudiantes (Morales Morgado y col., 2023, Morales Salas y Veytia Bucheli, 2021).

En la educación superior actual, se reconoce la urgencia de promover prácticas de enseñanzas que integren metodologías activas (aprendizaje basado en problemas, aula invertida, trabajo colaborativo) que permiten contribuir significativamente a la comprensión profunda y al compromiso con el aprendizaje (Crous, Rodríguez Rodríguez y Padilla Petry, 2024; Morales Morgado y col., 2023). En línea con ello, es necesario revisar los lineamientos estructurales y metodológicos de la cátedra, así como también la dinámica de la clase, para que las propuestas de mejoras se materialicen en propuestas efectivas. La triangulación efectiva entre las voces docentes, las percepciones estudiantiles y la estructura curricular de QBI permitirá identificar oportunidades concretas de mejora (Crous y col., 2024).

CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación diagnóstica permitieron identificar diversas prácticas de enseñanza que promueven la construcción de AS en el contexto de QBI. Entre ellos se destacan el formato teórico-práctico; la contextualización de los contenidos en el ámbito de la MV; la inclusión de conceptos clave y ejercicios destacados, las actividades de lectoescritura, el material audiovisual y las instancias de recuperación. No obstante, también se identificaron aspectos que requieren atención: la baja valoración de las estrategias para promover técnicas de estudio y pensamiento autónomo, así como la menor atracción por ciertos contenidos, posiblemente debido a su naturaleza abstracta.

Poner en foco las fortalezas y debilidades identificadas puede contribuir a optimizar el proceso de enseñanza y aprendizaje en QBI, favoreciendo una formación más significativa e integral.

En este contexto es interesante pensar en la generación de espacios de trabajo colaborativos e instancias de capacitación docente que permitan la reflexión sobre la propia práctica y la planificación de propuestas novedosas. Ejes fundamentales para promover procesos de innovación sostenibles y coherentes con las demandas del contexto universitario actual (Melgarejo y col., 2024; Sánchez Navarro y col., 2024).

Además, cobra importancia el abordaje y la realización de actividades en el contexto áulico, por ejemplo, fortaleciendo la vinculación de los contenidos

con casos concretos (invitando a profesionales o estudiantes avanzados a compartir sus experiencias prácticas) favoreciendo la conexión entre los contenidos de QBI y la práctica veterinaria. Diversos estudios destacan la eficacia de metodologías activas, como el aprendizaje basado en problemas y el aula invertida, en la enseñanza de la química, mejorando la comprensión y la retención de conceptos complejos (Chonillo Sislema y col., 2025; Chuquimia Sánchez, 2024; Medina Valderrama y Medina Valderrama, 2022; Ordaz González y Britt Mostue, 2018).

Una alternativa con alto potencial de impacto en los contextos actuales es la incorporación de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial (IA). Su integración en la educación abre nuevas oportunidades para mejorar la forma en que los y las estudiantes aprenden y los y las docentes enseñan. Existen aplicaciones de IA que ofrecen una variedad de funcionalidades y permiten crear actividades de aprendizaje divertidas y participativas, personalizar procesos de aprendizaje y brindar realimentación inmediata. En el campo de la enseñanza de la química, herramientas como ChatGPT, Bing Chat o Bard funcionan como artefactos conversacionales que guían a estudiantes, resolviendo problemas, recomendando recursos y apoyando la comprensión de conceptos (dos Santos, 2023; Yuriev, Wink, y Holme, 2024). Sin embargo, su implementación requiere de planificación pedagógica, capacitación docente, consideraciones de aspectos éticos y técnicos como la equidad de acceso, la calidad de los datos traídos por el sistema y la alfabetización crítica frente a la IA (Blonder y Feldman Maggor, 2024).

Repensar la enseñanza de QBI exige una mirada integral que contemple tanto la experiencia y percepción de docentes y estudiantes como los avances pedagógicos y tecnológicos disponibles. Ello permitirá construir propuestas sostenidas, innovadoras y pertinentes, que promuevan aprendizajes duraderos y relevantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araoz Robles, M. E., de la Vara Estrada, A. B. y Guerrero de la Llata, P. C. (2017). *Lectura activa e inferencial para el aprendizaje*. En *Desde la literacidad académica II: Perspectivas, experiencias y retos* (1^o ed.). Universidad Autónoma de Tlaxcala.
- Ausubel, D. P. y Sánchez Barberán, G. T. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento: Una perspectiva cognitiva* (Vol. 40). Paidós.
- Ayala Samaniego, M. M., Bailey Moreno, J. y Flores Fahara, M. (2023). La colaboración del profesorado universitario: aspectos críticos y desafíos. *Revista Electrónica en Educación y Pedagogía*, 7(12), 69–78. <https://doi.org/10.15658/rev.electron.educ.pedagog23.05071206>
- Bell Rodríguez, R. F., Cachinell, A. N. L. y Martín Álvarez, Y. M. (2024). Integración de la docencia y el aprendizaje activo en la educación superior: Metodologías, componentes y actores. *Prohominum. Revista de Ciencias Sociales y Humanas*, 6(1), 97–105. <https://doi.org/10.47606/acven/ph0230>

- Blonder, R. y Feldman Maggor, Y. (2024). AI for chemistry teaching: Responsible AI and ethical considerations. *Chemistry Teacher International*, 6(4), 385–395. <https://doi.org/10.1515/cti-2024-0014>
- Calzadilla, M. E. (2002). Aprendizaje colaborativo y tecnologías de la información y la comunicación. *Revista Iberoamericana de Educación*, 29(1), 1–10. <https://doi.org/10.35362/rie2912868>
- Castillo, A. y Ramírez, M. (2011). Factores estructurales y funcionales de la generación de aprendizaje significativo en química. *Omnia*, 17(2), 40–52. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/omnia/article/view/7356>
- Castillo, A., Marina, R. y González, M. (2013). El aprendizaje significativo de la química: condiciones para lograrlo. *Omnia*, 19(2), 11–24. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/omnia/article/view/7399>
- Chonillo Sislema, L. O., Gavin, D. V. H., Andrade, E. A. U. y Suárez, K. A. L. (2025). Uso de los recursos didácticos en la enseñanza de las ciencias experimentales: química y biología. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 27(1), 255–278. <https://doi.org/10.36390/telos271.05>
- Chuquimia Sánchez, V. S. (2024). La mediación cognitiva y el aprendizaje significativo en química en estudiantes de secundaria. *Revista Boliviana de Educación*, 6(10), 21–35. <https://doi.org/10.61287/rebe.v6i10.1176>
- Crous, G., Rodríguez Rodríguez, J. y Padilla Petry, P. (2024). Metodologías activas en la educación superior: el caso de la docencia no presencial durante la pandemia de la COVID19. *Educación Siglo XXI*, 42(1), 9–32. <https://doi.org/10.6018/educatio.550001>
- dos Santos, R. P. (2023). Enhancing chemistry learning with ChatGPT, Bing Chat, Bard y Claude as agents-to-think-with: A comparative case study. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2311.00709>
- Fernández Poncela, A. M. (2025). Volver a lo presencial: un panorama estudiantil sobre cambios educativos. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 45. <https://doi.org/10.22201/iissue.20072872e.2025.45.1973>
- Florentín Núñez, M. N. (2010). Aprendizaje colaborativo 2.0 en la Educación Superior. *Revista sobre Estudios e Investigaciones del Saber Académico*, 4, 38–41. <https://doi.org/10.70833/rseisa4item32>
- Hernández Cano, M. Á. y Benítez Pérez, A. A. (2018). La enseñanza de las ciencias experimentales a partir del conocimiento pedagógico de contenido. *Innovación educativa*, 18(77), 141-163.
- Hernández-Ramos, J.P., Martínez-Abad, F. y Sánchez-Prieto, J. C. (2021). El empleo de videotutoriales en la era post-COVID-19: Valoración e influencia en la identidad docente del futuro profesional. *Revista de Educación a Distancia*, 21(65). <https://doi.org/10.6018/red.449321>
- Hernández-Sellés, N., Muñoz-Carril, P. C. y González-Sanmamed, M. (2024). Aprendizaje colaborativo en entornos digitales. *RIED. Revista*

- Iberoamericana de Educación a Distancia*, 27(2), 83–101.
<https://doi.org/10.5944/ried.27.2.40208>
- Hortigüela, D., Pérez Pueyo, Á. y Abella, V. (2015). Perspectiva del alumnado sobre la evaluación tradicional y la evaluación formativa: Contraste de grupos en las mismas asignaturas. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 13(1), 35–48.
<https://doi.org/10.15366/reice2015.13.1.003>
- Joshi, A., Kale, S., Chandel, S. y Pal, D. K. (2015). Likert scale: Explored and explained. *British Journal of Applied Science & Technology*, 7(4), 396–403. <https://doi.org/10.9734/BJAST/2015/14975>
- Medina Valderrama, C. J. y Medina Valderrama, A. I. (2022). Estrategias metodológicas para la enseñanza de la química en el nivel universitario. *Hacedor-AIAPÆC*, 6(1), 149–160.
<https://doi.org/10.26495/rch.v6i1.2121>
- Melgarejo, M. Á., Barreto, M. L. T. y Peraza, C. (2024). Docencia universitaria colaborativa: Beneficios, desafíos y el rol de la tecnología. *Magis: Revista Internacional de Investigación en Educación*, 17, 1–29.
<https://doi.org/10.11144/Javeriana.m17.tcd>
- Morales Morgado, E. M., Ruiz Torres, S., Rodero Cilleros, S., Morales Romo, B. y Campos Ortuño, R. A. (2023). Metodologías activas en educación superior, mediadas por tecnologías en diversas disciplinas. *Aula*, 29, 295–311. <https://doi.org/10.14201/aula202329295311>
- Morales Salas, R. E. y Veytia Bucheli, M. V. B. G. (2022). Metodologías activas que mejoran el aprendizaje en la educación superior. *UTE Teaching & Technology. Universitas Tarraconensis*, 1(1), 93–111.
<https://doi.org/10.17345/ute.2021.1.3154>.
- Ordaz González, G. J. y Britt Mostue, M. (2018). Los caminos hacia una enseñanza no tradicional de la química. *Actualidades Investigativas en Educación*, 18(2), 1–20.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44758022022>
- Pabón, J. (2014). Las TICs y la lúdica como herramientas facilitadoras en el aprendizaje de la matemática. *Eco Matemático*, 5(1), 37–48.
- Penzo, W., Fernández, V., García González, I., Gros Salvat, B., Roca, M., Vallés Segalés, A. y Vendrell Gómez, P. (2010). *Guía para la elaboración de las actividades de aprendizaje*. Octaedro.
- Perkins, D. (1995). *Escuela inteligente* (Vol. 17). Gedisa.
- Polanco Hernández, A. (2005). La motivación en los estudiantes universitarios. *Revista Electrónica Actualidades Investigativas en Educación*, 5(2), 1–13.
- Quintero, C. Y. y Borrero Neninger, J. C. (2023). Medios audiovisuales y su impacto en la formación de los profesionales. *Journal TechInnovation*, 2(1), 92–98.
<https://doi.org/10.47230/Journal.TechInnovation.v2.n1.2023.92-98>

- Rodríguez Zamora, R. y Espinoza Núñez, L. A. (2017). Trabajo colaborativo y estrategias de aprendizaje en entornos virtuales en jóvenes universitarios. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 7(14), 86–109. <https://doi.org/10.23913/ride.v7i14.274>
- Rodríguez Padín, R., Álvarez García, B., Enríquez Díaz, J. y Teira Fachado, A. (2022). Uso de vídeos cortos entre el alumnado adolescente y universitario como herramienta de aprendizaje. *EDUCA. Revista Internacional para la Calidad Educativa*, 3(1), 42–59. <https://doi.org/10.55040/educa.v3i1.52>
- Rubio, J. R. y García, Á. P. (2018). Estrategias de aprendizaje significativo en estudiantes de educación superior y su asociación con logros académicos. *Revista Electrónica de Investigación y Docencia*, 19. <https://doi.org/10.17561/reid.v0i19.3570>
- Sánchez Navarro, M. E., Ayala Elenes, M. y Saldaña Belmar, C. (2024). Formación y práctica docente: Reflexiones desde la pedagogía crítica de Henry A. Giroux para el desarrollo de una práctica reflexiva intelectual transformativa. *Revista Eduscientia. Divulgación de la Ciencia Educativa*, 7(13), 119–137. <https://www.eduscientia.com/index.php/journal/article/view/442>
- Sanjurjo, L. O. (2011). La clase: Un espacio estructurante de la enseñanza. *Revista de Educación*, 2(3), 71–84.
- Simons, H. (2011). *El estudio de caso: Teoría y práctica*. Ediciones Morata.
- Ventura Álvarez, F. (2024). Del significado de la evaluación a la evaluación significativa. *Transdigital*, 5(9), e314. <https://doi.org/10.56162/transdigital314>
- Yuriev, E., Wink, D. J. y Holme, T. A. (2024). The dawn of generative artificial intelligence in chemistry education. *Journal of Chemical Education*, 101(8), 2957–2959. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00836>
- Zhu, J., Yuan, H., Zhang, Q., Huang, P. H., Wang, Y., Duan, S. y Song, P. (2022). The impact of short videos on student performance in an online-flipped college engineering course. *Humanities and Social Sciences Communications*, 9(1), 1–10. <https://doi.org/10.1057/s41599-022-01355-6>
- Zuñiga Macancela, E. R., Romero Berrones, W. J., Palma Vidal, J. C. y Soledispa Baque, C. J. (2020). Plataformas virtuales y fomento del aprendizaje colaborativo en estudiantes de educación superior. *Sinergias Educativas*, 5(1). <https://doi.org/10.37954/se.v5i1.71>

Innovación para la enseñanza de la Química

DIDÁCTICA DE LA QUÍMICA EN LA FORMACIÓN PROFESIONAL ¿NECESIDAD O ALTERNATIVA?

Luis Ángel Aguilar Carrasco

Benemérita Universidad Autónoma De Puebla, Facultad De Ciencias Químicas, México

E-mail: luis.aguilar@correo.buap.mx

Recibido: 18/02/2025. Aceptado: 30/06/2025.

Resumen. En México, la formación de profesores se encuentra concentrada en el subsistema de las Escuelas Normales, en donde se forman a profesores para enseñar a estudiantes desde los 6 hasta los 15 años, sin embargo, no existe como tal un programa de formación de profesores para la educación media superior (15 a 18 años) o para profesores universitarios, por tal motivo el egresado de licenciatura que se incorpora como profesor de asignatura carece desde su formación de herramientas didáctico-pedagógicas que le permitan enseñar de mejor manera los temas que debe de abordar. Este es un fenómeno que se repite en todas las áreas del conocimiento, el caso particular que se analiza es el de la didáctica de la Química, área de formación aparentemente emergente que podría posicionarse como una necesidad dentro de la formación de los profesionales desde la incorporación de asignaturas dentro de la malla curricular, esto a partir de la comparación de las universidades mexicanas que ofrecen la licenciatura en química.

Palabras claves. didáctica de la química, formación de profesores, curriculum.

Chemistry instruction in vocational training. Reality or alternative?

Abstract. In Mexico, teacher training is concentrated in the sub-system of Normal Schools, where teachers are trained to teach students from 6 to 15 years old. However, there is no teacher training program for secondary education (15 to 18 years) or university teachers as such. For this reason, the graduate students starts as a subject teacher has no pedagogical and teaching tools to teach the subjects he is to tackle in a better way than this is a phenomenon that is repeated in all areas of knowledge, the particular case analysed is that of the didactics of Chemistry, a training area which appears to be emerging and which could be positioned as a necessity within the training of professionals from the incorporation of subjects in this respect into the curriculum, from the comparison of Mexican universities offering bachelor's degrees in chemistry.

Keywords. chemistry teaching, teacher training, curriculum.

INTRODUCCIÓN

La formación profesional superior busca dotar a quienes cursan estudios universitarios de los conocimientos, habilidades, actitudes y valores necesarios para poder ejercer profesionalmente aquello en lo que se han formado. La intención de las y los aspirantes de cursar una carrera universitaria es lograr incorporarse en el campo laboral de aquello que estudiaron.

Sin embargo, teniendo en cuenta la realidad asociada a la empleabilidad, esta



no es directamente proporcional al número de egresados de cada una de las carreras. Esto obliga a las personas con formación universitaria a acudir al subempleo, desarrollando actividades que no necesariamente “estudiaron” o “aprendieron” en la universidad.

En ocasiones, los egresados de programas universitarios se insertan en algún negocio familiar o en actividades que no tiene asociación alguna con la carrera que estudiaron. Otra actividad que podemos mencionar, emergente para los egresados de las universidades, es la docencia. Se estima que el 29,7% de egresados universitarios se incorporarán al trabajo como docentes de nivel medio superior (INEGI, 2025).

Ahora bien, la base de docentes en México solo en dicho nivel aumentó de 278.269 en el ciclo 2010-2011 a 408.267 en el periodo 2020-2021 (INEGI, 2025). Es decir que, en 10 años, la base de profesores en México tuvo un incremento de prácticamente 130.000 profesores.

Por ello, las instituciones de educación superior deberían fortalecer a sus egresados con las competencias y los saberes necesarios para que, al momento de insertarse dentro de este campo laboral, su desempeño sea idóneo, no solo como una consecución de sus logros profesionales, sino anteponiendo la formación de quienes se encuentren en ese momento cursando su educación media superior.

Es importante mencionar que, para el caso de México, los profesores de profesión se forman en un subsistema de educación superior denominado “Escuelas Normales”, en donde a lo largo de la trayectoria académica a las y los aprendientes se les enseñan tópicos tales como planeación, evaluación, teorías pedagógicas y estrategias didácticas. Quienes estudian en este tipo de instituciones aprenderán todo lo relacionado con temas tales como el diseño y adecuación curricular, ajuste de contenidos, construcción de materiales didácticos y acerca de evaluación. Todo esto dotaría a la persona en formación de los insumos necesarios para poder impartir una clase.

Ahora bien, podemos encontrar un problema asociado a este tipo de formación, y es que las escuelas normales forman a los profesores de educación primaria, nivel que se imparte a las y los aprendientes con edades comprendidas entre los 6 y los 12 años. Para el caso del nivel de educación secundaria (12 a 15 años), las personas formadas en la escuela normal pueden incorporarse como docentes luego de cursar programas con una orientación o especialidad en Historia, Química o Biología. Pero en México no existe impedimento alguno para que una persona que haya estudiado la Licenciatura en Historia, Química o Biología en cualquier universidad pueda iniciar una carrera dentro de la docencia.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Esta situación ha llevado al centro del debate sobre si una formación profesional es mejor que la otra, es decir, si la persona formada como profesional en un campo disciplinar cualquiera, por el hecho de poseer una rica densidad conceptual, es apta para impartir una clase de una asignatura pese a no contar con una formación en temas didáctico-pedagógicos.

En contraparte, se debe analizar si la persona formada como profesor en las Escuelas Normales, quien domina los temas de pedagogía, puede compensar con estas herramientas la falta de profundidad de los temas de asignatura que pudiera revisar. En México, las escuelas normales no profundizan en conceptos asociados a la disciplina y se concentran en la parte didáctica-pedagógica.

La discusión parece no tener un punto medio, ya que podemos discutir desde distintos puntos ambas posiciones. Ahora bien, es necesario mencionar que desde una perspectiva funcionalista la docencia implica un determinado grado de vocación. El profesor en formación debe estar plenamente consciente de que ejercerá su labor en diferentes contextos y, en muchas ocasiones, disímiles de aquellos en los que se ha formado. Por lo tanto, el docente debe contar con la preparación y la capacidad de ajustar sus programas, temas y actividades a la realidad a la que se enfrente al momento de estar impartiendo clases.

A partir de la premisa anterior, se realizó la búsqueda de instituciones de educación superior (universidades en México) en donde se oferte la Licenciatura en Química como opción profesionalizante, para analizar si poseen, dentro de su malla curricular, una o más asignaturas con tópicos con a la didáctica de la Química, las cuales fortalecerían el perfil de egreso. A partir de lo cual se discuten y comentan los hallazgos.

DISCUSIÓN DEL PROBLEMA

Hablar de carreras y asignaturas de ciencias es referirse a temas concebidos como áridos y en donde las y los aprendientes suelen tener algún problema para su estudio. Existen distintos trabajos que abordan estrategias y teorías que habiliten mejorar el proceso de aprendizaje en este tipo de asignaturas, buscando que las y los docentes puedan (o deban) abordar los temas de distintas maneras para facilitar los aprendizajes (Míguez Palermo, 2010, Sandoval, Mandolesi y Cura, 2013, Ortiz Bonilla, 2022).

No se trata en ningún momento de minimizar el trabajo del aula y de estudio, sino de simplificar procesos que históricamente han sido complejos, como el estudio de las Matemáticas (Gutiérrez y Jaime, 2021) o el pensamiento variacional (Popayán Otaña y Castillo Mosquera, 2017). Pero, ¿qué pasa cuando las personas encargadas de impartir este tipo de temas, y por ende explicarlos de manera simple, no cuentan con una formación asociada a la didáctica?

Un caso incluso más preocupante se observa cuando nunca han tenido contacto alguno con la didáctica. Para un profesor universitario que se encuentra frente a grupo, tener conocimiento sobre didáctica y pedagogía debería ser un requisito. Y si bien, por principio de cuentas, las y los docentes se encuentran en procesos de formación y actualización continua, no podemos asegurar que desarrollen los conceptos y términos aprendidos en dichos cursos.

Por otra parte, si el docente novel es un egresado de una licenciatura -como por ejemplo Química- que a lo largo de su formación académica no tuvo una formación (ni siquiera) básica de tópicos de pedagogía o de didáctica, ¿cómo

esperamos que implemente actividades para enseñar balanceo de ecuaciones? Solo por citar un ejemplo de un tema que se revisará en la clase de Química.

En ese sentido, proveer a los futuros químicos de conocimientos y habilidades en torno a la didáctica representa un insumo importante, ya sea que el egresado se inserte en la docencia en el nivel básico, medio superior o en el superior, incluso si decide continuar su formación en el posgrado. En ese marco, el químico en formación debe ser consciente de que no basta con dominar conceptos asociados al enlace químico o teoría ácido-base para poder enseñarlos. Suele existir una preconcepción en torno a que el dominio disciplinar es equivalente a poder transmitirlos.

Referente a esto, es importante decir que se puede estar cayendo en un error. El docente novel debe contar con una formación que le permita no solo poseer dominio teórico, sino ser capaz de explicar y transmitir trascendiendo el hecho memorístico. Solicitar la repetición de ideas y de conceptos, si bien puede ser una herramienta dentro de cualquier curso no debería continuar siendo el factor principal para la evaluación, independientemente del área en la que se enseñe. Pongamos como ejemplo la memorización de la tabla periódica, ejercicio que aun en nuestros días, es recurrente por parte de algunos docentes. Si bien esta actividad favorece que las y los aprendientes reconozcan símbolos y los asocien con el nombre, la sola memorización no garantiza que quien "recita" la tabla periódica comprenda las propiedades periódicas o simplemente sepa hacer un uso correcto de toda la información que es capaz de recitar.

Es posible que el profesional del área de la química pueda desarrollar un cúmulo de habilidades que le permita impartir un curso en cualquier nivel educativo. Sin embargo, a la par de esa formación profesional dentro del área de interés, debería poseer el mismo grado de importancia el hecho de que pueda cursar una clase o conjunto de clases que abonen a su perfil de egreso. Sería importante que pueda aprender sobre conceptos tales como evaluación, planeación o currículo, y que le brinde herramientas para poder enseñar todo aquello que estudió como parte de su formación profesional, y que es todo lo que lo convierte en un experto del área.

En México existen 13 universidades con financiamiento público que ofrecen la licenciatura en Química como programa universitario, sin contar a los programas de Ingeniería, Química Clínica o Química en Alimentos. Se consideró solo a los programas de Licenciatura en Química, ya que serían los egresados "expertos" en este campo del conocimiento. Ahora bien, de las Instituciones de Educación Superior que ofrecen el programa, solo 3 cuentan con al menos una asignatura asociada a temas de didáctica.

Resulta importante analizar si es o no viable la presencia de una asignatura de este tipo. Los 13 programas, en sus perfiles de egreso, hacen mención a que pueden desempeñar funciones docentes en alguno de los niveles educativos. Esto presenta una dicotomía muy interesante, puesto que, al menos en la propuesta del perfil, las instituciones educativas son conscientes de que las personas a las que forman pueden desempeñarse como docentes, pero 10 de los programas de química no cuentan con cursos o asignaturas que se especialicen en estos temas.

La definición del perfil de egreso podría verse claramente enriquecido si las y los alumnos contarán con este tipo de habilidades. No se trata únicamente de leer acerca de estrategias didácticas, instrumentos o herramientas de evaluación, si los mismos estudiantes no terminan de comprender en su totalidad a qué se refieren los contenidos.

Aguilar Carrasco y González Martínez (2021) propusieron un currículum flexible para una licenciatura en Química, en donde se incorporara una serie de asignaturas a las cuales denominaron "perfiles profesionales asociados". Entre esas materias se encuentra una denominada Didáctica de la Química. De acuerdo con los autores, estas asignaturas abonan al perfil profesional sin que se revisen tópicos del área de mayor experiencia, en este caso, de la Química.

Por su parte, Carriazo Baños y Saavedra Alemán (2004) mencionan que la Didáctica de la Química aparece como un área emergente dentro de la formación profesional de aquellos que se encuentran realizando estudios en alguna de las áreas afines a la química. Como se ha mencionado, no basta con poseer el dominio conceptual respecto a los diferentes temas que se estudian a lo largo de la licenciatura, también es importante que quienes se encuentran estudiando una Licenciatura en Química puedan conocer diferentes estrategias asociadas a cómo se puede impartir una clase, el diseño de planeaciones, reactivos y protocolos de prácticas de laboratorio y, por supuesto, a la evaluación de saberes. Con esto se alcanzaría lo que plantean los autores, colocar a la didáctica de la química como un área emergente dentro de la formación profesional.

Si el egresado no cuenta con este tipo de herramientas, no debería esperarse que al momento de insertarse como docente de un grupo posea todos los elementos necesarios para impartir una clase.

Partiendo de ello debemos mencionar que, enseñar química no es menos complejo que enseñar a leer y escribir, puesto que también se lleva a cabo un proceso de alfabetización. La Química posee reglas muy claras en torno a la manera de nombrar compuestos químicos o de asignar símbolos, si no se realiza conforme a las reglas vigentes pueden significar algo totalmente distinto. De la misma forma, escribir una reacción o realizar los cálculos necesarios para preparar una disolución también obedece a una formación sólida y asociada a un proceso de alfabetización científica.

De acuerdo con Sandoval y col. (2013), el estudio de la química se plantea como algo complejo, partiendo de la premisa de que se trata de una ciencia abstracta que requiere múltiples niveles de representación (macroscópicos, submicroscópicos y simbólicos), y genera que los estudiantes tengan dificultades cognitivas.

En ese sentido, la didáctica de la química proporciona herramientas para prevenir estas dificultades mediante el desarrollo de estrategias que promuevan la comprensión conceptual y el pensamiento crítico.

Por otra parte, ya se ha mencionado que tampoco se trata de suponer que, por el hecho de cursar una asignatura de didáctica, el egresado realizará un mejor papel como docente. De hecho, son demasiados los factores que entran en juego en un aula como para poder asegurar que se lleva a cabo un buen

trabajo al estar a cargo de una clase, sin importar cuál es el nivel educativo que se está atendiendo.

No obstante, es importante mencionar que, el objetivo del programa de la asignatura de Didáctica de la Química persigue no solo dotar a los estudiantes de las herramientas necesarias para llevar a cabo, de mejor manera, su papel frente a un grupo, sino que también busca hacer reflexionar en torno a conceptos y teorías, que por principio de cuentas, no corresponden a la naturaleza de los tópicos.

Ahora bien, antes de tomar una decisión sobre si es o no importante que el estudiante de la Licenciatura en Química deba cursar asignaturas sobre didáctica, debemos revisar algunas de las razones por las que no se aprende Química.

En este orden de ideas, Quijano Cedeño y Navarrete Pita (2022) mencionan que la baja aceptación que tiene la asignatura de Química puede deberse, entre otras cosas, a que se le percibe como una asignatura complicada. Conforme a los autores, la poca o nula didáctica con la que se suelen atender los cursos de Química es una de las razones (aunque no la única) que provocan problemas de aprendizaje de estos contenidos.

Entonces, si el profesional de la química no cuenta con al menos una breve noción sobre didáctica, es muy probable que no sepa cómo atender situaciones elementales de una sesión de clase, como la propia planeación.

Por otra parte, autores como Izquierdo (2019) identifican como problema complementario la monotonía con la que se imparten las asignaturas y la forma en que se hace responsable al docente únicamente de la transmisión del saber, lo cual se encuentra íntimamente asociado a la desmotivación, dado que no se encuentra una razón del porqué se estudia o analiza tal o cual tema.

Conforme a esto, Izquierdo (2019) asegura que: "los contenidos de esta asignatura no son relleno en el proceso de formación profesional, sino que representa una de las construcciones más importantes que el ser humano debe de manejar, como parte de la formación académica".

De acuerdo con Caballero-Camejo (2017), la educación química debe verse como el proceso dirigido a la formación y el desarrollo de la personalidad desde un aprendizaje constructivo y mediatizado de la propia cultura química. Cuando el autor menciona a la "cultura química" se refiere precisamente al ejercicio mediante el cual se colocan los conceptos y las ideas de esta ciencia al centro de un debate sobre la utilidad e importancia de las sustancias y los procesos químicos. Para el autor, el objetivo de la Didáctica de la Química es atender, dentro de los procesos de enseñanza y aprendizaje de la química, las etapas de explicación, elaboración y evaluación.

En ese sentido, a lo largo de la historia, la didáctica se ha dirigido a un nivel en concreto. Es que, conforme a la percepción del profesor universitario, se tiende a considerar que la manera en la que se enseña un tema o concepto en la universidad no puede ser replicado en la preparatoria, y viceversa. Esto se debe a que, en la licenciatura, los conceptos se abordan de manera más profunda. Por la misma razón, suele considerarse que emplear actividades

lúdicas o *serious games* en licenciatura no es adecuado.

El punto de discusión aquí es por qué se reduce el empleo de tal o cual estrategia didáctica a un determinado nivel educativo. Si el objetivo final es que, mediante la implementación y/o adaptación de estrategias, las y los aprendientes sean capaces de comprender temas y conceptos, resulta entonces que la visión que se le da a la utilidad de la didáctica es reduccionista o está delimitada completamente por el nivel educativo en donde se encuentre insertado el docente.

Una situación que debe analizarse en los cursos de Química versa en torno a la contextualización de los contenidos de sus programas, los cuales suelen ser percibidos por las y los aprendientes como totalmente inexistentes dentro de los programas de asignatura, o en el momento en que se están enseñando conceptos áridos como podría ser mol o número de Avogadro, de los cuales nunca se termina de comprender su utilidad. Caamaño (en Parga-Lozano y Piñeros-Carranza, 2018) asume que los contenidos con los que se suele enseñar Química en las instituciones educativas están totalmente descontextualizados de las situaciones cotidianas. Esto llama la atención, debido a que, cuando se comienza a enseñar Química se explica que existen procesos donde se encuentra presente: desde lo que ocurre en una cocina hasta la respiración y las vías metabólicas, incluso aquello que los seres humanos aprovechamos para nuestro crecimiento y desarrollo. Es en este escenario de aprendizajes contextualizados en donde resulta valioso que los egresados de un programa de química hayan recibido una formación que no solo permita conocer estos conceptos y términos, sino que también sean capaces de ubicar a la química en situaciones concretas del contexto que les rodea.

Parga-Lozano y Piñeros-Carranza (2018) resumen los contenidos contextualizados en aquellos saberes que poseen asociación a situaciones cotidianas, lo cual les otorga utilidad, aplicabilidad e importancia. A su vez, cuentan con una base disciplinar muy enriquecida a partir de la revisión y el aprendizaje de definiciones, conceptos, teorías y leyes.

Finalmente, los contenidos contextualizados también requieren del empleo de herramientas históricas, epistemológicas e incluso culturales.

Ahora bien, ¿cómo se forma el experto en la química en este tipo de tópicos? ¿Es una formación que se adquiere a la par? ¿Se requiere de una formación complementaria?

Ya hemos mencionado que el estudiante que ingresa a un programa universitario estudiará y analizará los apartados conceptuales de la materia, pero pocas veces se contempla una formación en temas pedagógicos y herramientas didácticas. Esta dimensión suele quedar de lado, pues se asume que las instituciones formadoras de formadores en México se ocuparán de ello, pero, paradójicamente, eso mismo provoca una desarticulación.

No se trata de un tema de discusión nuevo. Gallego-Badillo y Pérez-Miranda (2002) señalaban que la formación del profesorado es parte fundamental en la didáctica de la química, debido a la importancia de que se dominen las concepciones pedagógicas, epistemológicas y didácticas de quienes se forman como profesionales de la ciencia (Carriazo Baños y Saavedra Alemán,

2004).

Entonces, si no existen instituciones o programa de formación para enseñar en una escuela preparatoria (de 15 a 18 años), ¿cómo aspiramos al dominio de conceptos didáctico-pedagógicos? Es cierto que no existe un impedimento para que un egresado de una licenciatura de tipo profesionalizante se inserte como docente en este nivel educativo, pero ¿con qué herramientas y estrategias imparte su clase?

García Paredes y col. (2024) hacen mención respecto a la trascendencia que tiene la química debido a su asociación con nuestro día a día. De acuerdo con el autor, el aprendizaje de la química podría adquirir un mayor significado si se presenta una asociación con lo que las y los aprendientes observan a diario. Un ejemplo de esto es vincular la enseñanza de la química con las situaciones que ocurren en el hogar. De lograrse esto, habremos alcanzado una trascendencia, puesto que se estaría trabajando más allá de la simple transmisión de conocimientos. Representa una oportunidad invaluable para fomentar un aprendizaje significativo: al integrar la química dentro del entorno familiar, las actividades diarias e incluso en los pasatiempos que realicen las y los estudiantes, se estará estableciendo una conexión directa entre los conceptos teóricos y su aplicación a la vida cotidiana.

CONCLUSIONES

La integralidad en la educación tiene un impacto positivo en el rendimiento académico y en la actualidad hacia el aprendizaje, lo cual nos lleva nuevamente a plantearnos la pregunta: ¿Se puede enseñar química sin tener un dominio de temas asociados a la didáctica? La respuesta, al menos por lo que ocurre en México, es que sí. Ahora bien, ello no quiere decir que siempre la enseñanza de los temas de química se realice de manera correcta. Saber cómo ocurre un proceso de óxido-reducción debería ser tan importante para el químico en formación como saber cuáles son las herramientas necesarias para que las y los aprendientes entiendan el concepto de óxido-reducción, lo visualicen y sean capaces de analizar lo que ocurre en una práctica de laboratorio. Enseñar química no debería concentrarse únicamente en un ejercicio de dictar fórmulas y números; es fundamental presentarle al estudiantado cómo esas fórmulas se encuentran presentes en procesos tales como los que ocurren en la cocina, en el medio en el que se desarrollan o en el cuerpo humano. Pero no es posible suponer que las y los docentes serán capaces de extrapolar y contextualizar los temas por el simple hecho de conocerlos.

Para García Paredes y col. (2024), no se debe conceptualizar a la didáctica de la química como un medio para adquirir conocimientos científicos, sino como una herramienta para comprender y transformar el entorno social y natural. Es precisamente en esta parte en donde las instituciones deben de abonar a la construcción de los perfiles de egreso, buscando que al momento de lograr cubrir el cien por ciento de los créditos, las y los estudiantes que egresan hayan adquirido, además de los dominios teórico-prácticos de la química, un conjunto de habilidades blandas, actitudes y herramientas que les permitan desempeñarse como un excelente profesional en los campos que cubra su perfil, incluido la docencia. Es importante mencionar que 11 de las

13 universidades analizadas, incluyen en el perfil de egreso la posibilidad de que las y los egresados se incorporen a la docencia.

Y es que no podemos suponer que la finalidad de la didáctica de la química sea únicamente la repetición de los conceptos o la resolución de problemas modelo, los cuales pueden o no lograr que el alumno aprenda a aplicar ecuaciones y conceptos. Se trata de que, desde el contenido de la asignatura, se trabajen temas asociados con la salud, el medio ambiente, la tecnología y la sostenibilidad. Lograr todo lo anterior depende también de que se pueda reconocer la diferencia de perfiles, habilidades e intereses con los que cuentan las personas presentes en el salón de clases.

El hecho de que las instituciones de educación superior (universidades) reconozcan que la docencia es parte del campo laboral vigente en donde pueden participar las personas que han egresado de sus programas académicos demuestra que existe una necesidad de dotar a quienes cursan dichas carreras universitarias del conocimiento necesario para poder impartir una clase, desde lo que implica diseñar una planeación, hasta el correcto diseño y validación de instrumentos de evaluación tanto para una clase química como para una práctica de Laboratorio. En este orden de ideas, la Didáctica de la Química trasciende en el hecho de ser un área emergente de formación e incluso de estudio, y debería posicionarse como una necesidad asociada a los perfiles de egreso.

No podemos asegurar que la implementación de asignaturas de Didáctica o de Pedagogía como parte de las rutas críticas que cursan los estudiantes de una licenciatura en Química solucionaría situaciones asociadas a la monotonía y aburrimiento, o a los bajos rendimientos de las y los estudiantes. No obstante, es posible proponer, desde las estructuras curriculares, un cambio que abone a modificar la manera en la que se enseñan los conceptos solo por el hecho de ser expertos en estos; lo cual no está en concordancia con las posturas actuales en torno a la enseñanza de la Química.

Por otra parte, es de llamar la atención que, pese a que los egresados de los programas de química se insertan como docentes en los niveles medio superior o superior, los programas académicos no contemplan módulos o asignaturas para capacitarlos en estos temas. Al respecto es necesario plantear algunas interrogantes:

¿Por qué no se le da un peso específico a la didáctica de la química en las universidades?

¿Cómo están asumiendo los programas de licenciatura el hecho de que sus egresados se inserten como docentes?

¿Debemos limitar la inserción de profesionales de la química a la docencia?

Esta última pregunta es sumamente importante, y es que, aunque suena a una decisión radical, debemos plantearnos que no se deberían insertar a la docencia personas que no posean conocimientos básicos de didáctica. No obstante, también debemos ser conscientes que, no solo por tener un apartado de conceptos de didácticas, las y los docentes serán capaces de llevar a cabo su labor de manera correcta.

Por otra parte, las instituciones deben atender la necesidad de formación y

actualización docente de las personas que imparten asignaturas como Química. Ya hemos mencionado que no solo basta con el dominio de conceptos y teorías de química; es también fundamental que quienes enseñan la asignatura (Química) reciban formación pedagógica específica.

Si bien distintos autores a lo largo de los años han hecho un énfasis importante en analizar estrategias didácticas alternas o diseñar materiales que favorezcan el aprendizaje más allá de la repetición de conceptos, la realidad en México es que las y los estudiantes de la Licenciatura en Química no reciben en todos los casos una formación en temas de didáctica y pedagogía. Esto refuerza la percepción que se tiene entorno a que se trata de un área emergente dentro de la formación, la cual enriquecería el perfil de egreso de quienes estudian Química como carrera universitaria. De ahí la importancia de que, en las actualizaciones curriculares de los Programas de Estudio de Química en México, se busque incorporar a la Didáctica de la Química como una asignatura dentro de la trayectoria académica del estudiantado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Carrasco, L. A. y González Martínez, A. (2021). Propuesta de Flexibilización de la Ruta Curricular de la Licenciatura en Química. Un análisis de los elementos del plan de estudio. *Voces De La educación*, 6(12), 45-64. <https://www.revista.vocesdelaeducacion.com.mx/index.php/voces/articulo/view/266>
- Caballero Camejo, C. (2017). Las demandas de la educación química en la actualidad. *Varona, Revista Científico-Metodológica*, (65), 1-11.
- Carriazo Baños, J. y Saavedra Alemán, M. (2004). La didáctica de la química: una disciplina emergente. *Tecné, Episteme y Didaxis*, (15), 73-84. <https://doi.org/10.17227/ted.num15-5563>
- Gallego-Badillo, R. y Pérez-Miranda, R. (2002). El Problema del Cambio en las Concepciones de Estudiantes de Formación Avanzada. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 401-414. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3956>
- García-Paredes, C. Ruiz-Mora, F. Aldás-Paredes, L. y Gómez, E. (2024). Didáctica de la Química desde la Nueva Visión de la Ciencia. *Revista Social Fronteriza*, 4(5), e448. [https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4\(5\)448](https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4(5)448)
- Gutiérrez, A. y Jaime, A. (2021). Desafíos actuales para la Didáctica de las Matemáticas. *Revista Innovaciones Educativas*, 23(34), 198-203. <https://dx.doi.org/10.22458/ie.v23i34.3515>
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. INEGI. (2025). *Maestros y escuelas por entidad federativa según nivel educativo, ciclos escolares seleccionados de 2000/2001 a 2023/2024*. <https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?pxq=8c29ddc6-eeca-4dcc-8def-6c3254029f19>
- Izquierdo, M. (2019). Química General. Una aproximación histórica.

Educación química, 30(3), 92-94.
<https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2019.3.70007>

- Míguez Palermo, M. (2010). Una estrategia didáctica alternativa en aulas universitarias de química: potenciando el proceso motivacional por el aprendizaje. *Educación Química*, 21(4), 278-286.
[https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30096-X](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30096-X)
- Ortiz Bonilla, O. R. (2022). *Estrategias didácticas lúdicas para el aprendizaje de los elementos químicos en estudiantes de bachillerato*. Ecuador: Ambato.
- Parga-Lozano, D. y Piñeros-Carranza, G. (2018). Enseñanza de la química desde contenidos contextualizados. *Educación química*, 29(1), 55-64. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.63683>
- Popayán Otaya, Y. y Castillo Mosquera, V. A. (2017). Situación didáctica y enseñanza del pensamiento variacional. *Educere*, 21(70), 571-579.
<http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/educere/article/view/11310>
- Quijano Cedeño, A. A. y Navarrete Pita, Y. (2022). La enseñanza de la química: Necesidad de un fortalecimiento y comprensión en estudiantes de bachillerato. *Oratores. Revista de Ciencias de la Educación*, (15), 13-23. <https://doi.org/10.37594/oratores.n15.603>
- Sandoval, M. J., Mandolesi, M. E. y Cura, O. R. (2013). Estrategias didácticas para la enseñanza de la química en la educación superior. *Educación y Educadores*, 16(1), 126-138.
<https://educacionyeducadores.unisabana.edu.co/index.php/eye/article/view/2283>

La Educación en la Química en Argentina y en el Mundo

A cien años de la entrega de los Premios Nobel de Química: 1925

EL BRILLO DE UN MUNDO SUBMICROMÉTRICO

Luciano Benedini

*Universidad Nacional del Sur, Dpto. de Biología, Bioquímica y Farmacia-
INQUISUR-CONICET- Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina*

Email: lbenedini@uns.edu.ar

Recibido: 18/06/2025. Aceptado: 30/06/2025.

Resumen. Este artículo celebra los 100 años del Premio Nobel en Química otorgado a Richard Adolf Zsigmondy en 1925, destacando su contribución al estudio de los coloides y la invención del ultramicroscopio. Su trabajo permitió visualizar partículas menores a 200 nm, revelando fenómenos como el efecto Tyndall y el movimiento browniano, fundamentales para la comprensión de sistemas coloidales. El texto recorre cómo estos avances sentaron las bases de múltiples desarrollos actuales en las industrias farmacéutica, cosmética, alimentaria y tecnológica. Además, se abordan los conceptos clave de emulsiones, micelas, niosomas y cristales líquidos, con aplicaciones que van desde la limpieza doméstica hasta la liberación controlada de fármacos. A un siglo de su reconocimiento con el Nobel, este es un momento propicio para recuperar el legado de Zsigmondy en la enseñanza de la química y valorar el impacto duradero de la ciencia básica.

Palabras clave. Richard Zsigmondy, química coloidal, ultramicroscopio, sistemas coloidales, emulsiones y micelas.

The Glow of the Microscopic World

Abstract. This science communication article commemorates the 100th anniversary of the 1925 Nobel Prize in Chemistry awarded to Richard Adolf Zsigmondy, recognizing his contributions to colloidal chemistry and the invention of the ultramicroscope. His work enabled the observation of particles smaller than 200 nm, unveiling key phenomena such as the Tyndall effect and Brownian motion—both essential to understanding colloidal systems. The article explores how these discoveries laid the foundation for a wide range of current applications in the pharmaceutical, cosmetic, food, and technology industries. Key concepts such as emulsions, micelles, niosomes, and liquid crystals are explained, showing their relevance from everyday cleaning to advanced drug delivery. One hundred years after his Nobel recognition, this is a timely opportunity to recover Zsigmondy's legacy in chemistry education and to reflect on the lasting impact of basic scientific research.

Keywords. Richard Zsigmondy, colloidal chemistry, ultramicroscope, colloidal systems, emulsions and micelles.

RICHARD ADOLF ZSIGMONDY Y LOS COLOIDES

En nuestra vida cotidiana, las características que nos hacen únicos como especie interactúan con un entorno que cambia a un ritmo cada vez más



rápido. Desde las épocas de los faraones egipcios, hasta el siglo XVI con la invención del microscopio, la percepción de lo más diminuto de nuestro entorno no pudo ser analizado ni reinterpretado sustancialmente. Esto no quiere decir que los alquimistas egipcios no hayan trabajado con sustancias elementales, así como hoy se encuentran definidos, microestructuras o con nanoestructuras fascinantes, solo que no contaban con la tecnología para evidenciarlos. Si bien en el siglo XVI fue cuando se comenzó a descubrir que para la formación de una estructura que se veía como única, había pequeñas contribuciones que hacían posible que estas existan como tales. Recién en el siglo XVII es cuando se empezó a desentrañar cómo eran los aportes de estas pequeñas porciones para que nuestros objetos de estudio tomaran forma. Los primeros hitos que revelaron estructuras diminutas sucedieron en el siglo XVII, en los cuales Anton van Leeuwenhoek le mostró al mundo la existencia de organismos unicelulares y Robert Hooke la presencia de una unidad diferenciada dentro de una estructura mayor a la que llamó célula. Los hechos más sobresalientes de la química ocurrieron recién en el siglo XIX con Dalton y más tarde con Thompson cuando demostraron la naturaleza ultramicroscópica de la materia, aunque sin poder “ver” esas pequeñísimas unidades constitutivas. La conjunción de la utilización de dispositivos para ver estructuras muy pequeñas con la comprensión de la naturaleza o estructuras químicas nos lleva a uno de los científicos más importantes de la historia, el químico, Richard Adolf Zsigmondy (Viena 1865-Gotinga 1929).

Zsigmondy se interesó por la ciencia desde temprana edad, estudió en la Facultad de Medicina de Viena y en la Universidad Politécnica de Viena. Luego se mudó a Múnich donde se doctoró en química orgánica. En 1893 se graduó como profesor en la Escuela Superior Técnica de Graz donde ejerció como docente. El estudio sobre colores lustrosos en vidrio y porcelana llevó al científico a profundizar en la química de los coloides. Esta especialización le permitió trabajar en la fábrica de vidrio Schott und Genossen de Jena hasta 1900 cuando dejó su puesto y se dedicó exclusivamente a la investigación científica. Durante este período, descubrió cómo preparar hidrosoles de oro de forma reproducible y en 1903 desarrolló el ultramicroscopio de rendija junto con el físico Henry Friedrich Wilhelm Siedentopf de la empresa Zeiss. Por estos dos hechos, Zsigmondy es conocido, hoy en día, como uno de los padres de química coloidal junto con Thomas Graham. En 1907, Zsigmondy fue nombrado profesor y director del Instituto de Química Inorgánica de la Universidad de Gotinga, hasta su jubilación en febrero de 1929. En 1925, después de la primera guerra mundial, Zsigmondy recibió el *Premio Nobel de Química* por su trabajo sobre la naturaleza heterogénea de las “soluciones” coloidales y específicamente por el desarrollo del ultramicroscopio (Nobel Prize Outreach AB, 2023).

Lo revolucionario del diseño del ultramicroscopio diseñado por Zsigmondy, fue que permitió determinar la presencia de partículas menores a 200 nm mediante la implementación de espejos e iluminación lateral. En los microscopios convencionales de esa época se lograba una resolución que no llegaba a los 200 nm y a través de este tipo de iluminación se lograron ver partículas de hasta 5–10 nm evitando el deslumbramiento proporcionado por iluminación inferior (Masters, 2020). Este tipo de iluminación, perpendicular al eje de observación, generaba dos efectos clave:

- *Efecto Tyndall*: las partículas coloidales (demasiado pequeñas para ser vistas directamente) dispersaban la luz, apareciendo como puntos brillantes contra un fondo oscuro. Este efecto fue descubierto por John Tyndall en 1869 y correspondía a dispersión lumínica “el brillo” de partículas menores a 1µm (1000 nm) en dispersiones de fluidos (aire y líquido).

- *Movimiento browniano*: esto permitió medir el tamaño y forma a través de este fenómeno.

Observando partículas de oro coloidal, Zsigmondy, describió este último fenómeno confirmando que el movimiento browniano dependía de la viscosidad y el tamaño de las partículas que estaba observando. Esto llevó a Einstein, en 1905, a formular la relación entre el coeficiente de difusión y el “tamaño” de la partícula, que actualmente es conocida como la ecuación de Stokes-Einstein (ecuación 1), donde D es el coeficiente de difusión; K_B , la constante de Boltzmann; T , la temperatura absoluta; η , la viscosidad del fluido y r_H , el radio hidrodinámico de la partícula incluyendo su capa de hidratación (o sea, no es solo el “tamaño”).

$$D = \frac{K_B T}{6\pi\eta r_H} \quad (\text{ecuación 1})$$

Esta ecuación es clave en la medición del tamaño de partículas que se determinan a través de técnicas como la dispersión dinámica de luz (*Dynamic Light Scattering, DLS*) (Stetefeld, McKenna y Patel, 2016).

Mediante el estudio de las partículas de oro coloidal se explicó por qué el vidrio rojo rubí, con el que los egipcios construyeron copas ceremoniales y parte de los pigmentos en vasijas, se veía color rojo por la adición de oro nano particulado. En principio, se genera una dispersión de la luz producida por las nanopartículas que generan el “brillo” descrito por Tyndall.

Ahora, el color rojo. Si era oro ¿por qué se veía rojo? Este color es debido a la formación de un plasmón. Es un efecto de cambio de color generado por la reflexión o dispersión de la luz roja (longitudes de onda más largas, ~600–700 nm) por absorción de otra luz de longitud de onda diferente. Esto produce una oscilación colectiva de electrones libres en la superficie de un metal cuando interactúan con la luz. Entonces, en las nanopartículas metálicas (de 1–100 nm) se produce una oscilación de electrones que dispersan luz de colores específicos, dependiendo del tamaño, forma y material de las partículas. Lo interesante es que la aparición del color rojo nos está hablando de un determinado tamaño cercano a 30 nm y a tamaños mayores (60 nm) los colores pueden variar a púrpura o azul (Kelly, Coronado, Zhao, y Schatz, 2003).

LOS COLOIDES CIEN AÑOS DESPUÉS

¿Cuál es la relevancia que tiene hoy haber llegado a descubrir las propiedades de estas nanopartículas de oro coloidal? ¿Tienen alguna aplicación? La verdad es que sí, para nombrar una, Sun y col. (2024) han desarrollado de una tira inmunocromatográfica basada en oro coloidal para detectar la IgA secretoria específica de la proteína espiga de la cepa Omicron del SARS-CoV-2 en los fluidos del revestimiento de la mucosa nasal, o sea, un test de diagnóstico.

Con esto, podemos visualizar una asociación entre Zsigmondy, los egipcios, las nanopartículas de oro y la importancia del estudio de ciencia básica como piedra fundamental para el diseño de nuevas tecnologías 100 años después.

Pero no hemos hablado aún de cuál es la importancia de haber diseñado un ultramicroscopio para determinar si un sistema puede o no ser homogéneo. ¿Es importante reconocer si un sistema es homogéneo o no? Ya sabemos que los sistemas coloidales no son homogéneos, entonces ¿qué es un sistema coloidal? ¿qué ejemplos conocemos? ¿cuál es la importancia que tienen?

En respuesta a la primera pregunta: si no supiéramos que un sistema coloidal no es homogéneo, no sabríamos que gracias a la naturaleza diferencial de las fases que lo componen, pueden llegar a absorber suciedad limpiando una superficie. Estamos hablando, en este ejemplo puntual, de una dispersión micelar de detergentes (o surfactantes, aunque los términos no pueden ser estrictamente intercambiables). Los sistemas coloidales más relevantes tienen surfactantes en su composición y a continuación me enfocaré principalmente en estos. Por lo tanto, ahora vamos a seguir respondiendo las preguntas para aclarar un poco más este tema.

Los sistemas coloidales son sistemas heterogéneos formados por dos fases bien definidas. A diferencia de los sistemas homogéneos, como una disolución no saturada de NaCl en agua, aquí se pueden diferenciar dos componentes. Entonces podemos decir que tienen una fase que se dispersa en otra con límites bien marcados. A la fase dispersa se le puede llamar discontinua y a la dispersante continua. Estas pueden ser de naturaleza muy diversa pero siempre cumpliendo la regla de que la fase discontinua debe poseer un tamaño de partícula individual de 1 a 1000 nm (1 μ m). Por lo visto, hemos empezado a describir sistemas submicrométricos, de otra manera, nanométricos. La fase dispersante (o externa) puede ser sólida (un metal o aleación), semisólida (gel) o líquida (una solución) y la dispersa (o interna) líquida o gaseosa. Obviamente, y como no podía ser de otra manera, hay excepciones.

En la industria alimenticia, farmacéutica, cosmética y electrónica aparecen numerosos ejemplos de sistemas coloidales. Las tres primeras muestran muchísimos puntos de contacto donde entrarían algunos tipos de emulsiones y espumas. Entre la segunda y la cuarta hay un ejemplo que se roba todas las miradas, los cristales líquidos. LCD es el acrónimo de *liquid crystal display* (pantalla de cristal líquido) y es la base tecnológica de la cual surgen las pantallas planas. En el campo farmacéutico, más precisamente, como sistemas transportadores de drogas (*Drug Delivery Systems, DDSs*), forman un mundo aparte. Dentro de los DDSs líquidos y semisólidos encontramos innumerables formulaciones que responden a la clasificación de sistemas coloidales (Figura 1).

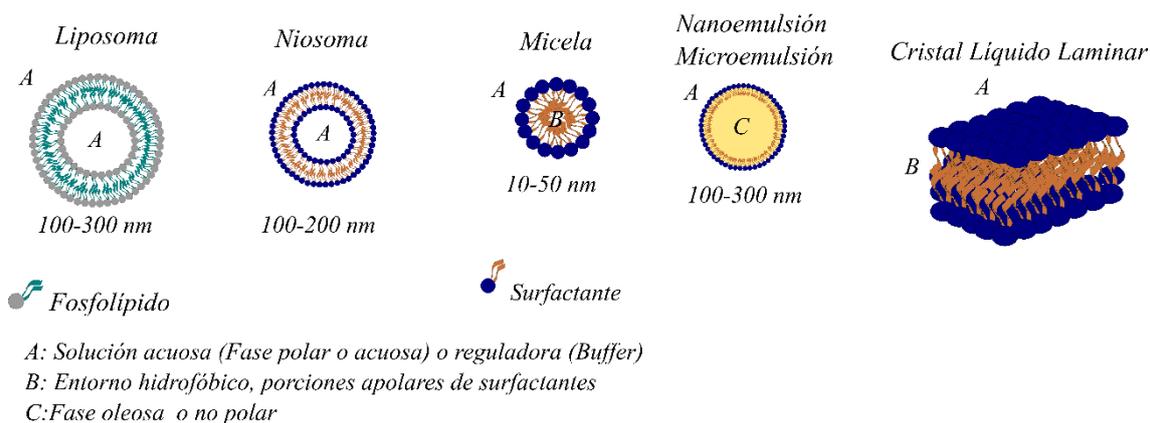


Figura 1. Sistemas coloidales basados en sistemas con surfactantes.

¿Quién no se ha aplicado una crema alguna vez? Las cremas son emulsiones, un tipo particular de sistema coloidal, donde ambas fases son líquidas, siendo la interna menor a 1000 nm. Pueden presentarse como directas, cuando la fase externa es acuosa y la interna oleosa, o reversa/inversa cuando sucede lo contrario. Lo interesante, es que se encuentran estabilizadas por una membrana de surfactante o más de uno.

Los surfactantes son moléculas que tienen la capacidad dual de disolverse en un medio acuoso (o más polar) y uno no acuoso o bien oleoso (menos polar). Por lo tanto, estas moléculas se encuentran orientadas entre las dos fases disminuyendo la tensión interfacial (entre las fases).

Las emulsiones cuando poseen un tamaño de partícula grande (mayores a 1000 nm) se denominan groseras o gruesas, pero hay otras que se llevan toda la atención en el campo farmacéutico que son las micro y las nanoemulsiones (ME y NE). Lo que resulta interesante es que por sus prefijos se puede tender a caer en una confusión y pensar que las ME tienen tamaños de fase interna en el orden del micrómetro y las NE en el orden del nanómetro y esto es falso. Tanto ME como las NE tienen tamaños muy parecidos en el orden de los ~100-200 a ~300-400 nm. Entonces acá surge una pregunta, ¿cómo las diferenciamos? Principalmente por el método de preparación y por su comportamiento frente a las condiciones del entorno. Ambas emulsiones pueden ser directas o reversas/inversas, pero las ME son termodinámicamente estables, o sea, se producen espontáneamente cuando se cumplen determinadas condiciones de proporción entre los solventes que forman las fases, concentración de surfactantes (las ME también necesitan co-surfactantes) y temperatura. La NE no son termodinámicamente estables, sino cinéticamente estables, o sea, no se producen espontáneamente, sino que es necesario desarrollarlas bajo estricto mezclado de sus componentes y aplicando una alta energía (como la proporcionada por un homogeneizador de alta presión) o mediante un cambio controlado de temperatura (temperatura de inversión de fase). Las NE son sistemas muy atractivos como DDSs ya que las condiciones del entorno no afectan a su estabilidad (dentro de ciertos límites) por lo que pueden ser diluidas muchas veces y seguir manteniendo su tamaño de partícula (Benedini y Messina, 2022a).

Existen unos sistemas más novedosos que se llaman autoemulsionables (se conocen en inglés como *Self Emulsifying Drug Delivery Systems*, SEDDSs), donde los componentes de la fase interna, los surfactantes y los agentes farmacéuticos activos (principios activos o drogas) se mezclan y se incorporan en un dispositivo de administración, como una cápsula, pero sin utilizar una fase externa. Cuando la cápsula es ingerida, se degrada, libera el contenido y el mismo fluido estomacal forma la fase externa de la emulsión que puede ser nano o micro según como haya sido diseñada (Singh, Bandopadhyay, Kapil, Singh, y Katare, 2009).

Existen otros sistemas coloidales más simples basados en surfactantes, las micelas o sistemas micelares y los niosomas. Debido a su capacidad dual los surfactantes se orientan en la interfase. En el caso de las micelas, las cabezas polares se orientan hacia el disolvente polar que, si es externo, se llaman micelas directas (como las emulsiones) o reversas/inversas en caso contrario. A diferencia de las emulsiones, en las micelas directas no hay un solvente no polar (oleoso) en su interior, sino que el interior no polar está formado por las colas hidrocarbonadas o porción apolar del surfactante. Esto les permite disolver o transportar fármacos liposolubles, en los casos de formulaciones farmacéuticas, pero también funcionar como detergentes capturando la suciedad y arrastrarla sin que se redeposite en la superficie. O sea, ¡el poder de las micelas lo observamos en la vida cotidiana mientras lavamos los platos! Los niosomas tienen la misma naturaleza que las soluciones micelares, con la diferencia de que en lugar de poseer una capa de surfactantes en la interfase poseen dos. Digamos que son como un liposoma, que en lugar de estar formado por una doble capa de fosfolípidos como si fuera una membrana celular, están formadas por surfactantes no-fosfolipídicos conteniendo una solución acuosa en su interior (Figura 1) (Benedini y Messina, 2022b).

Es importante remarcar que, para mejorar la estabilidad de los liposomas se utilizan otras moléculas en general liposolubles como el colesterol. En sintonía con los liposomas, se encuentran unas vesículas que poseen una composición similar a estos (con fosfolípidos), pero provienen de las células eucariotas: los exosomas y las vesículas extracelulares. Estas vesículas prometen ser los nuevos DDSs, sin embargo, sus métodos de aislamiento siguen siendo muy costosos (D'Elía, Gravina, Benedini, y Messina, 2024). Finalmente, los cristales líquidos (CL) son los sistemas coloidales menos difundidos en su concepto, aunque el acrónimo LCD, cuando hablamos de pantallas de dispositivos, es algo muy común. Los CL son llamados también mesofases. Esto se debe a que poseen propiedades intermedias entre sólidos y líquidos. Entonces, poseen un cierto orden espacial de los sólidos (cristalinos), por los que las moléculas del surfactante o agregados de ellas (pueden ser micelas) ocupan un lugar particular en el espacio formando algo parecido a una red cristalina y adicionalmente, asumen la capacidad de fluir de una fase líquida. Se han descrito numerosas mesofases pero principalmente se dividen en dos grupos: los termotrópicos, que se forman por variación de la temperatura; y los liotrópicos, que se forman por variación de la concentración del surfactante. Como siempre, hay algunos matices que hacen más difícil esta clasificación. Estas estructuras forman parte de nuevas formas de vehiculización de fármacos, sobre todo, de los liposolubles (Benedini y

Messina, 2021). En la figura 1 se muestra un ejemplo de un cristal líquido laminar (liotrópico).

REFLEXIÓN FINAL

Hoy en día los sistemas coloidales siguen despertando el mismo entusiasmo que el siglo XIX. En aquellos tiempos, se estudiaron con el objetivo de descifrarlos y hoy, usando técnicas y conceptos basados en aquellos descubrimientos, los utilizamos, adaptamos, y modificamos con objetivos científicos básicos, pero también asumiendo que forman un grupo excelente de herramientas para mejorar tanto el tratamiento como el diagnóstico de enfermedades. Los conocimientos en sistemas coloidales también se aplican a otras industrias como la petroquímica. Traer a la actualidad conceptos que comenzaron a tomar forma hace más de 100 años y que se aplican al desarrollo de sistemas complejos, como son los sistemas coloidales, me hace recordar un concepto descrito por Friedrich Nietzsche, entre otros autores, el cual refiere a que la originalidad radica en cómo se reinterpreta lo ya conocido.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a la Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina (UNS-PGI 24/Q131) y al Concejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de la República Argentina (CONICET).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benedini, L. A. y Messina, P. V. (2021). Nanodevices for Facing New Challenges of Medical Treatments: Stimuli-Responsive Drug Delivery Systems. *Systematic Reviews in Pharmacy*, 12(2), 43–64. <https://doi.org/10.31838/srp.2021.2.5>
- Benedini, L. y Messina, P. (2022a). Lipid-based nanocarriers for drug delivery: microemulsions versus nanoemulsions. En: A. K. Nayak, M. S. Hasnain, T. M. Aminabhavi y V. P. Torchilin (Eds.). *Systems of Nanovesicular Drug Delivery*, (pp. 39–53). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91864-0.00001-2>
- Benedini, L. y Messina, P. (2022b). Proniosomes and niosomes for enhanced drug delivery. En: A. K. Nayak, M. S. Hasnain, T. M. Aminabhavi y V. P. Torchilin (Eds.). *Systems of Nanovesicular Drug Delivery* (pp. 115–128). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91864-0.00005-X>
- D'Elía, N. L., Gravina, A. N., Benedini, L. A. y Messina, P. V. (2024). A commentary: harnessing vesicles power with new scenes of membrane-based devices for drug delivery. *BIOCELL*, 48(10), 1401–1403. <https://doi.org/10.32604/biocell.2024.055512>
- Kelly, K. L., Coronado, E., Zhao, L. L. y Schatz, G. C. (2003). The Optical Properties of Metal Nanoparticles: The Influence of Size, Shape, and Dielectric Environment. *The Journal of Physical Chemistry B*, 107(3), 668–677. <https://doi.org/10.1021/jp026731y>

- Masters, B. R. (2020). Richard Zsigmondy and Henry Siedentopf's Ultramicroscope. En: B. R. Masters (Ed.), *Superresolution Optical Microscopy* (pp. 165–172). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-21691-7_10
- Nobel Prize Outreach AB. (2023). *Richard Zsigmondy – Biographical*. NobelPrize.Org. <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1925/zsigmondy/biographical/>
- Singh, B., Bandopadhyay, S., Kapil, R., Singh, R. y Katare, O. P. (2009). Self-Emulsifying Drug Delivery Systems (SEDDS): Formulation Development, Characterization, and Applications. *Critical Reviews in Therapeutic Drug Carrier Systems*, 26(5), 427–451. <https://doi.org/10.1615/CritRevTherDrugCarrierSyst.v26.i5.10>
- Stetefeld, J., McKenna, S. A. y Patel, T. R. (2016). Dynamic light scattering: a practical guide and applications in biomedical sciences. *Biophysical Reviews*, 8(4), 409–427. <https://doi.org/10.1007/s12551-016-0218-6>
- Sun, B., Chen, Z., Feng, B., Chen, S., Feng, S., Wang, Q., Niu, X., Zhang, Z., Zheng, P., Lin, M., Luo, J., Pan, Y., Guan, S., Zhong, N. y Chen, L. (2024). Development of a colloidal gold-based immunochromatographic assay for rapid detection of nasal mucosal secretory IgA against SARS-CoV-2. *Frontiers in Microbiology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1386891>

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

E-mail: asfarre@unrn.edu.ar

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

XV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (ENPEC) - VIDAS EM CONFLUÊNCIA NA PARTILHA DE SABERES

Organizado por Universidade Federal do Pará y Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC).

4 al 8 de agosto de 2025, Belém do Pará, Brasil.

<https://eventos.idvn.com.br/enpec2025/>

XIII CONGRESO ARGENTINO DE QUÍMICA ANALÍTICA

Organizado por la Asociación Argentina de Químicos Analíticos y la Universidad Nacional de Tucumán.

12 al 15 de agosto de 2025, Tucumán, Argentina.

<https://caqa2025.fbqfcampus.net.ar/>

ESERA CONFERENCE 2025 – THE 16TH CONFERENCE OF THE EUROPEAN SCIENCE EDUCATION RESEARCH ASSOCIATION – TRANSITIONS IN SCIENCE EDUCATION: SUSTAINABILITY AND DIGITAL ADVANCES

Organizado por la European Science Education Research Association.

ESERA prelude: 21 al 24 de agosto de 2025.

25 al 29 de agosto de 2025, Copenhagen, Dinamarca.

<https://esera2025.org/>



XII CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS - ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS Y PENSAMIENTO CRÍTICO: DESAFÍOS Y NECESIDADES DE LA SOCIEDAD DEMOCRÁTICA

Organizada revista Enseñanza de las Ciencias y la Universitat de València.
2 al 5 de septiembre de 2025, Valencia, España, modalidad híbrida.
<https://congresoenseciencias.org/>

V JORNADAS DE TIC E INNOVACIÓN EN EL AULA - ECOSISTEMAS EDUCATIVOS DIGITALES

Organizada por el Sistema Institucional de Educación a Distancia de la Universidad Nacional de La Plata.

Prórroga para la presentación de trabajos: hasta el 5 de agosto de 2025.
4 y 5 de septiembre de 2025, modalidad virtual.
<https://sied.ead.unlp.edu.ar/jornadas%20ead%202025.html>

JEIN 2025 – DÉCIMA JORNADA DE ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA

Organizado por la UTN Facultad Regional Rafaela.
4 y 5 de septiembre de 2025, Rafaela, Santa Fe, Argentina.
<https://jein2025.frra.utn.edu.ar/>

15TH EUROPEAN CONGRESS OF CHEMICAL ENGINEERING (ECCE), 8TH EUROPEAN CONGRESS OF APPLIED BIOTECHNOLOGY (ECAB), 3RD IBEROAMERICAN CONGRESS ON CHEMICAL ENGINEERING (CIBIQ)

Organizados por la Universidad de Porto, la Universidad de Lisboa, Universidad de Minho, DECHEMA, entre otras instituciones.
8 al 10 de septiembre de 2025, Lisboa, Portugal.
<https://ecce-ecab2025.eu/>

XV CONGRESO IBEROAMERICANO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y GÉNERO

Organizado por la Universidad de la República, Ministerio de Educación y Cultura del Uruguay, Universidad Tecnológica, Agencia Nacional de Investigación e Innovación, entre otras instituciones.

Inscripción anticipada: 1 de junio al 30 de julio de 2025, las y los residentes de Argentina quedan exonerados del pago de inscripciones.
16 al 18 de septiembre de 2025, Montevideo, Uruguay.
<https://eventos.udelar.edu.uy/event/1/>

XI CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE FORMACIÓN DE PROFESORES DE CIENCIAS - FORMACIÓN POLÍTICA DE PROFESORES DE CIENCIAS DE CARA A LOS DESAFÍOS ACTUALES

Organizado por la Universidad Pedagógica Nacional, la Universidad Distrital Francisco Caldas, el Instituto Federal Ceará, entre otras instituciones.
8 al 10 de octubre de 2025, Instituto Federal de Ceará, Brasil, modalidad híbrida.

Facebook: https://www.facebook.com/groups/255240411305333/?ref=share_group_link

https://www.even3.com.br/xi-congreso-internacional-sobre-formacion-de-profesores-de-ciencias-532260?even3_orig=events_home_category

24° REUNIÓN NACIONAL DE EDUCACIÓN EN FÍSICA (REF XXIV)

Organizada por la Asociación de Profesores de Física-Filial Salta y la Universidad Nacional de Salta.

Inscripción anticipada: hasta el 10 de agosto de 2025.

22 al 26 de septiembre de 2025, Salta, Argentina.

<https://apfa.org.ar/refsalta2025/>

XXI REUNIÓN DE ENSEÑANZA DE QUÍMICA (REQ XXI) - EN HOMENAJE A ANDONI GARRITZ, VOLVER A PENSAR UN FUTURO POSIBLE PARA LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

Organizada por la Asociación de Docentes de Química de la República Argentina y la Universidad Nacional de Río Negro-Sede Andina.

Presentación de trabajos, talleres y conversatorios: 15 de agosto de 2025.

Inscripción anticipada: hasta 30 de setiembre de 2025.

3 al 5 de noviembre, San Carlos de Bariloche, Argentina (modalidad híbrida: presencial y virtual).

<https://sites.google.com/view/xxireq/inicio>

SEXTO CONGRESO DE EDUCACIÓN CIENTÍFICA (SCHEC 2025) - PLURALIDAD: CORAZÓN DE LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA PARA FUTUROS MÁS JUSTOS

Organizado por la Sociedad Chilena de Educación Científica.

Inscripción reducida: hasta el 5 de octubre de 2025.

5 al 7 de noviembre de 2025, en La Universidad de Tarapacá, Arica, Región de Arica y Parinacota, Chile.

<https://congreso2025.schec.cl/>

IV CONGRESSO INTERNACIONAL DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO (4CIHCE)

Organizado por: Universidade do Algarve (UAlg), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), Instituto Politécnico de Lisboa / EDUNOVA.ISPA, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), Colégio Unidavi, Instituto Federal Catarinense - IFC, Universidade Federal do Paraná – UFPR.

Asistencia gratuita al evento

12 al 14 de noviembre de 2025, formato virtual.

<https://www.even3.com.br/iv-congresso-internacional-de-historia-da-ciencia-no-ensino-542567/>

VII CONGRESO INTERNACIONAL DE INNOVACIÓN DOCENTE EN EDUCACIÓN SUPERIOR (CIDICO)

Organizado por la Universidad de León

Fecha límite para envío de propuestas de simposio online: 22 de setiembre de 2025

Fecha límite para envío de resúmenes de ponencias: 26 de setiembre de 2025.

Fecha límite para el envío de resúmenes de póster/comunicaciones orales, capítulos de libro, ponencia online: 29 de setiembre de 2025.

Fecha límite de matrícula para autores: 6 de octubre de 2025.
17 al 21 de noviembre de 2025, Madrid, España.

<https://cidico.es/>

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

Organizado por la National Association of Research in Science Teaching.

Fecha límite para envío de trabajos: 15 de agosto de 2025.

9 de abril de 2026, sesión virtual.

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

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

8th ICASE WORLD CONFERENCE ON SCIENCE AND TECHNOLOGY EDUCATION

Organizada por School of Education, University College Cork.

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

<https://icaseonline.net/web/icase-2026-world-ste-conference/>

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

Inscripción anticipada: hasta el 29 de marzo de 2026

13 al 17 de julio de 2026, Erzurum, Turkia

<https://iccecrice2026.org/>

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/>

<p>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</p>
