



Aportes latinoamericanos al proceso de aprendizaje dentro del laboratorio de pregrado

Latin American contributions to the learning process within the undergraduate laboratory

Rubén Ignacio Arancibia-Olivares¹, Germán Barriga-González² y David Reyes-González²

Resumen

El laboratorio es parte fundamental en los cursos de química debido a su capacidad de articular ambientes únicos de aprendizaje. A pesar de ello, se reportan cuestionamientos asociados a la falta de evidencia empírica que demuestren sus efectos en el aprendizaje. Con la finalidad de contribuir a esta brecha, se reporta una revisión bibliográfica enfocada en los aportes de autores afiliados a instituciones latinoamericanas respecto al aprendizaje en el laboratorio de química para nivel universitario. Se identificaron 80 artículos, los cuales destacan por ser escritos principalmente por autores brasileños (43%), mayormente en inglés (83%) y principalmente en el *Journal of Chemical Education* (61%). Estos documentos se caracterizan por ser innovaciones curriculares (91%) con un enfoque disciplinar y presentar intencionalidades pedagógicas y metodologías para la evaluación del aprendizaje diversas y no articuladas. Estos resultados muestran que los aportes latinoamericanos están centrados en el contenido disciplinar, lo cual da espacio a nuevas investigaciones centradas en otros aspectos del aprendizaje en el laboratorio. Finalmente, es recomendable que los investigadores puedan especificar en sus publicaciones aspectos como los objetivos de sus propuestas de laboratorio, las bases teóricas con las cuales se establece el aprendizaje y los instrumentos empleados para su medición.

Palabras clave

Revisión bibliográfica, Latinoamérica, educación en química, laboratorio de ciencia, pregrado.

Abstract

The laboratory is a fundamental part of chemistry courses due to its ability to articulate unique learning environments. However, questions are raised regarding the lack of empirical evidence, demonstrating its effects on learning. To contribute to this gap, a literature review focused on the contributions of authors affiliated with Latin American institutions regarding learning in the university-level chemistry laboratory is reported. Eighty articles were identified, which stand out for being mainly written by Brazilian authors (43%), mostly in English (83%), and primarily in the *Journal of Chemical Education* (61%). These documents are characterized by curricular innovations (91%) with a disciplinary focus and presenting pedagogical intentions and diverse and unarticulated methodologies for learning assessment. These results show that Latin American contributions are focused on disciplinary content, which allows for new research focused on other aspects of learning in the laboratory. Finally, it is recommended that researchers specify aspects such as the objectives of their laboratory proposals, the theoretical foundations with which learning is established, and the instruments used for its measurement in their publications.

Keywords

Literature review, Latin America, chemistry education, science laboratory, undergraduate.

¹ Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Doctorado en educación, Santiago de Chile.

² Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Santiago de Chile.

Introducción

Las actividades de laboratorio poseen un papel distintivo y único en los programas de estudio de ciencia (Chang, 2017; Seery, 2020), razón por la cual son altamente utilizados en todos los niveles de enseñanza y en particular en química (Seery et al., 2017). Si bien existe un alto consenso entre educadores respecto de la importancia de su implementación, se han levantado una serie de cuestionamientos, entre los cuales se puede mencionar la falta de evidencia empírica que demuestre su impacto sobre el aprendizaje (Bretz, 2019), los altos costos asociados a su implementación (Jenkins, 2007) e incluso la discordancia entre los objetivos propuestos por los académicos y los percibidos por los estudiantes (Towns, 2017). Sobre la base de estos cuestionamientos, se ha generado una brecha referente al desarrollo de investigaciones enfocadas en comprender el aprendizaje en el espacio educativo del laboratorio (Holme, 2020)

Con la finalidad de estudiar el rol que posee el laboratorio en los procesos educativos se realizó una revisión de literatura enfocada en los aportes que Latinoamérica ha realizado. Para este estudio se seleccionó a los artículos coincidentes con cuatro conceptos claves (*education, chemistry, undergraduate & laboratory work*) en las plataformas WoS y Scopus para analizar el acercamiento que poseen los documentos hacia los cuestionamientos sobre el aprendizaje en el laboratorio.

A continuación, se presentan los fundamentos desde los cuales se aborda esta revisión, partiendo por el concepto de laboratorio, los beneficios de las actividades experimentales y los cuestionamientos que se han reportado en la literatura respecto a la implementación del laboratorio, con la finalidad de plantear los ejes articuladores del análisis.

El laboratorio

A lo largo de su historia, se ha asociado al laboratorio con diferentes beneficios al aprendizaje, razón por la cual los primeros laboratorios se enfocaron en el desarrollo de habilidades específicas que se requerían en las industrias e investigaciones (Reid y Shah, 2007). Adicionalmente, Hofstein y Lunetta (1982) y Lunetta et al. (2007), en sus revisiones bibliográficas sobre la historia, los objetivos y los resultados del uso de laboratorio como medio de instrucción en ciencias, evidencian la existencia de cuestionamientos sobre el uso del laboratorio al mismo tiempo que detallan la importancia de su utilización educativa. Ambos artículos culminan con un llamado a la comunidad científica a continuar con las investigaciones que puedan esclarecer el rol del laboratorio en el proceso educativo. Con base en estas investigaciones, se reconoce que el laboratorio permite desarrollar aprendizajes conceptuales y procedimentales propios de la química, además de poseer capacidades integradoras de conocimientos, actitudes y diferentes tipos de habilidades en contextos reales (Seery et al., 2019), lo cual nos lleva a entenderlo como un ambiente único de aprendizaje (Hofstein, 2004). En la actualidad, autores como Agustian et al. (2022) se suman a este planteamiento sobre los evidentes aportes del laboratorio a la formación de los estudiantes y mantienen vigente la necesidad de abordar la brecha persistente relacionada con el aprendizaje en el laboratorio.

Con la finalidad de establecer los límites de lo que es un laboratorio, en términos de este trabajo se utilizará el concepto como cualquier trabajo práctico de orden experimental que dispone un docente para que los estudiantes interactúen con instrumentos, productos

químicos u otras fuentes secundarias de datos para observar, comprender y experimentar el mundo natural en ambientes cara a cara o apoyados por sistemas informáticos en un laboratorio de química. En esta definición se incluyen ambientes virtuales, laboratorios remotos y simuladores como contexto del aprendizaje dentro del laboratorio (Stahre Wästberg et al., 2019).

Beneficios del uso de laboratorios en el aprendizaje

Para que la enseñanza de la ciencia sea efectiva se requiere comprender cómo aprenden los estudiantes en diversos entornos (Chinn y Iordanou, 2023). Si bien el método de enseñanza no es la clave para el desarrollo de aprendizajes, este puede ser relevante en el logro de otros objetivos (Reid y Ali, 2020). Es decir, si una actividad experimental posee como objetivo la comprensión del contenido disciplinar, esto no limita a que el aprendizaje sea la adquisición de un conocimiento específico, pues se puede apelar a que los estudiantes apliquen el contenido para resolver nuevos problemas (Smith y Siegel, 2004).

Actualmente, se han identificado diversos objetivos de aprendizaje asociado al laboratorio y con ello han variado los métodos o enfoques de enseñanza que se adoptan y la forma de entender la naturaleza del aprendizaje científico. Ejemplo de esto son el desarrollo del pensamiento crítico (Van Brederode et al., 2020) o de elementos ideológicos y políticos (Xu et al., 2023), los cuales como acto educativo posee una intencionalidad pedagógica (Aguilar y Bize, 2011; Rubio y Giraldo, 2006) que permite explorar o visualizar la forma en que se asume el aprendizaje.

En la revisión de los principales objetivos de aprendizaje asociados a la implementación de un laboratorio, Carnduff y Reid (2003) y Reid y Shah (2007), describen cuatro tipos: (1) habilidades relacionadas con el aprendizaje de la química, como la posibilidad de contextualizar y poner a prueba conocimientos empíricos, ideas y conceptos, (2) habilidades prácticas, las cuales se relacionan con la manipulación material de laboratorio y la reproducción de técnicas con la consideración de elementos de seguridad, (3) habilidades científicas, las cuales se relacionan con el diseño experimental y las habilidades de deducción e interpretación basada en resultados empíricos, y (4) habilidades generales, relacionadas con el trabajo en equipo, el reporte de resultados y la resolución de problemas.

Enfocándose únicamente en investigaciones de carácter empírico, Agustian et al. (2022), concluyen que el uso del laboratorio permite el desarrollo de una serie de objetivos de aprendizaje: (1) competencias experimentales, las cuales se relacionan con la capacidad de los estudiantes para planificar, diseñar y llevar a cabo una investigación científica de manera eficiente y segura, (2) aprendizaje disciplinar, entendido como la relación entre los conocimientos teóricos y los experimentos realizados, (3) pensamiento de orden superior y aprendizaje epistémico, entendido como la capacidad de resolución de problemas, el pensamiento crítico y la generación de conocimiento, (4) competencias transversales, referentes a habilidades sociales e interpersonales como la colaboración y comunicación y (5) dominio afectivo, referente a las valoraciones, motivaciones y emociones del estudiante, las cuales se pueden ver reflejadas en aspectos como el compromiso, la autoeficacia y las expectativas de aprendizaje.

Este conjunto de aprendizajes que se puedan desarrollar en un laboratorio dependen de la intencionalidad pedagógica que presentan los autores, razón por la cual es necesario poseer claridad respecto a estos para poder establecer los objetivos de aprendizaje.

Cuestionamientos al laboratorio

Tal como ya se ha mencionado, la implementación de laboratorios de química para la docencia es un tema debatido. En la actualidad, los tres cuestionamientos más mencionados se relacionan con los altos costos de implementación (Jenkins, 2007), la falta de objetivos claros al respecto de lo que implica un laboratorio (Townes, 2017) y la falta de evidencia empírica que demuestre su impacto sobre el aprendizaje (Bretz, 2019).

Primero, con respecto a lo *económico*, suele cuestionarse el despliegue de recursos destinados a laboratorios en comparación con aquellos que se asignan a las clases tradicionales. Esta comparativa evidencia un gasto considerablemente mayor del laboratorio (Seery, 2020) debido a sus requerimientos: (1) un espacio físico con conexión a agua y gas para el lavado del material de vidrio y el calentamiento de muestras, (2) la compra, almacenamiento, y eliminación de materiales empleados en el laboratorio y (3) el personal necesario (a lo menos un docente más un técnico de laboratorio) para su funcionamiento. En su conjunto, se ha estimado que todos los gastos asociados a la implementación del laboratorio son 15 veces mayores que el requerido para la realización de una clase tradicional (Reid y Shah, 2007).

Segundo, con respecto a los *objetivos del laboratorio*, existe una baja claridad respecto de lo que las instituciones buscan obtener a partir de su implementación en docencia. Esto queda en evidencia al analizar la diversidad de objetivos planteados por los docentes, los cuales, incluso en una misma institución, no se alinean entre ellos (Seery, 2020). Este punto es preocupante debido a que se ha visto que en los casos en los cuales los objetivos de las clases tradicionales y de laboratorio están desalineados, existen disminuciones en resultados por parte de los estudiantes (Townes, 2017).

Tercero, con respecto de los cuestionamientos sobre el *aprendizaje*, Bretz (2019), Sansom y Walker (2020) y Seery (2020), quienes desde sus trabajos plantean que los estudios respecto del rol de los laboratorios en el aprendizaje de las ciencias, carece de bases teóricas y nuevamente plantean la necesidad de buscar formas de entender el aprendizaje. Es importante tener presente que existe evidencia acerca del valor formativo del laboratorio, pero bajo la mirada de estos autores, es necesario establecer bases teóricas robustas en esta línea.

Objetivos de la investigación

Esta investigación busca caracterizar los aportes que realizan las investigaciones latinoamericanas a la falta de evidencia empírica respecto al aprendizaje en el laboratorio. Para ello se identificarán las publicaciones con autores afiliados a instituciones latinoamericanas y se analizarán los documentos respecto a la intencionalidad pedagógica y metodologías evaluativas que utilizan para acercarse al aprendizaje en el laboratorio.

Metodología

Este trabajo aborda la búsqueda sistemática de literatura respecto al aprendizaje en el laboratorio, enfocada a los aportes latinoamericanos y acotada a las publicaciones relacionadas con el laboratorio de química para nivel universitario. Para ello, se definieron cuatro ideas centrales (*education, chemistry, undergraduate y laboratory work*) que a su vez desprenden las palabras empleadas en la sintaxis de la base de datos, es importante destacar que se utilizarán las palabras claves en inglés debido al mayor alcance que poseen

estas. Una vez establecidas las palabras claves para la búsqueda, se seleccionó el uso de las plataformas WoS con su repositorio completo y Scopus como motores de búsqueda debido a su alto volumen de publicaciones y por sus estándares de calidad.

Para cada base de datos se realizó una búsqueda por idea central y se combinaron los resultados con el operador booleano AND. A partir de estos resultados, se incorpora el criterio regional al incluir únicamente autores afiliados a instituciones latinoamericanas y posteriormente se limitaron los resultados a partir de un criterio temporal que considera los últimos cinco años, desde el 2018 hasta junio del 2023, fecha de la última actualización de la base de datos. Posteriormente, los resultados de la búsqueda se depuraron manualmente por los investigadores para eliminar elementos duplicados entre ambos motores de búsqueda y para descartar resultados no ajustados a la temática, finalizando con la consolidación del grupo de documentos a analizar.

Respecto al análisis, en una primera instancia se caracterizó a los documentos en cuanto a las revistas en las cuales fueron publicados, el idioma y la procedencia de los autores. Posteriormente, se analizaron los artículos en profundidad, centrando el análisis en dos ejes; la intencionalidad pedagógica y las metodologías evaluativas. Por parte de la intencionalidad pedagógica se identificó a todas las declaraciones explícitas sobre métodos de enseñanza, teorías pedagógicas, enfoques y perspectivas educativas que sirven de base para el planteamiento de la investigación. Respecto a las metodologías evaluativas, se identificó a todo instrumento o metodología declarados en los documentos que permitan establecer un nivel de aprendizaje con base en cualquiera de los objetivos presentados por Agustian (2022).

Resultados

A partir de la búsqueda realizada basándonos en las palabras clave ya definidas, se obtuvieron 2933 artículos en WoS y 3315 artículos en Scopus para la temática de enseñanza experimental de química en nivel universitario. Al incorporar el criterio regional (autores afiliados a instituciones latinoamericanas) los resultados descendieron a 163 en WoS y 195 en Scopus, luego, bajo el criterio temporal (últimos cinco años) estos descendieron a 91 en WoS y 105 en Scopus. Los documentos provenientes de ambas bases de datos fueron combinados (196 artículos) para luego descartar los elementos duplicados, obteniendo 116 artículos.

Posteriormente, los artículos sin duplicados fueron filtrados por los investigadores. En una primera instancia, basándose en sus títulos y resúmenes, se excluyeron 31 documentos no ajustados a la temática, principalmente por nivel educativo, como el caso de una contextualización de laboratorio en torno a residuos de cobre para estudiantes de *middle school* (Queiroga y Barbalho, 2018). Posteriormente, con base en la lectura completa de los documentos, se sumaron 5 nuevas exclusiones, las cuales se caracterizaron por considerar elementos propios de la química, pero abordados desde otras perspectivas, por ejemplo, el trabajo realizado por Primo et al. (2018) sobre el estudio de moléculas, fue considerado como un acercamiento biológico más que uno propio de la química. El flujo de selección y exclusión se presenta en la Figura 1, de este proceso se construye un consolidado con 80 documentos.

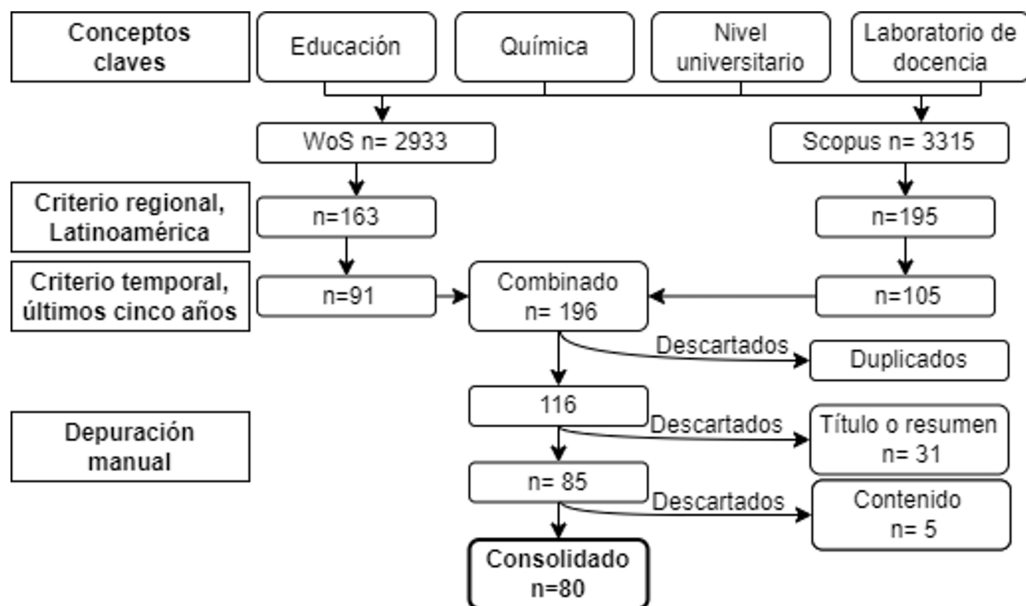


FIGURA 1. Proceso de consolidación de los artículos.

Caracterización del consolidado

Con la finalidad de entender el origen de los artículos, se identificó el país de afiliación de cada autor por medio del rastreo de la institución a la cual se adscriben, identificando a 364 autores afiliados a 18 diferentes países. En este conteo se encontró la presencia de autores no latinoamericanos debido a colaboraciones internacionales, tal es el caso de Cáceres-Jensen et al. (2021), documento con la participación de autores afiliados a Chile y a Finlandia. Respecto a la representatividad de cada país, Brasil presenta el mayor número de autores con un 43 % (158), seguido por México con un 19 % (69) y Argentina con un 11 % (41), ver Figura 2. Cabe destacar que, si bien los idiomas principalmente hablados en Latinoamérica son el portugués y el español, el 83 % de los artículos fueron publicaciones en inglés, lo cual habla de la necesidad de los autores de llegar a públicos más amplios.

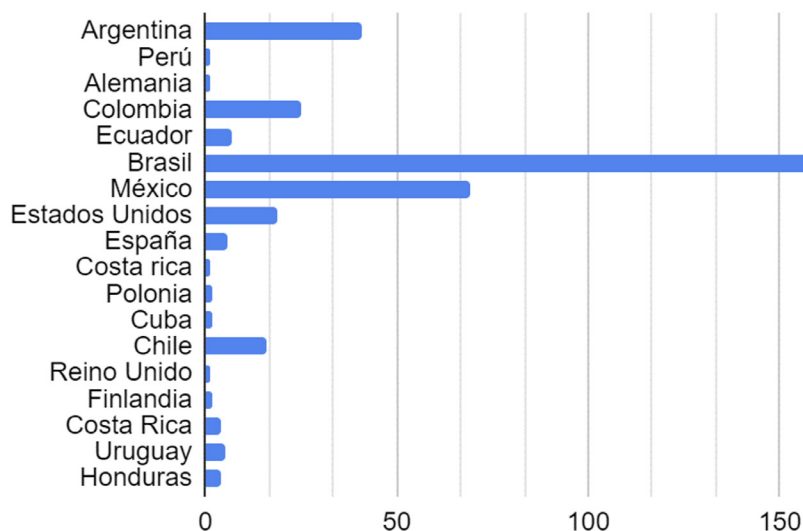


FIGURA 2. Recuento del país de afiliación de los autores. *Nota.* La figura muestra el número de autores por país de afiliación. Si bien el foco de la investigación es entender los aportes latinoamericanos, la presencia de autores de otras nacionalidades se debe a la presencia de investigaciones con colaboraciones internacionales.

Respecto a las revistas en las cuales fueron publicados los artículos, se identificó un total de 20, destacando el *Journal of Chemical Education (JCE)* con un total de 49 (61 %) de las publicaciones, superando ampliamente al segundo lugar, *Biochemistry and Molecular Biology Education* quien posee apenas cinco (6 %). Por parte de las revistas latinoamericanas, las de mayor elección son *Química Nova* (Brasil) con cuatro publicaciones (5 %), seguido de *Educación química* (México) y *Revista Virtual de Química* (Brasil) cada una con tres artículos (4 %), ver Figura 3. Este resultado muestra una consistencia entre el idioma de publicación preferente (inglés) y el idioma de la revista más utilizada por los autores latinoamericanos.

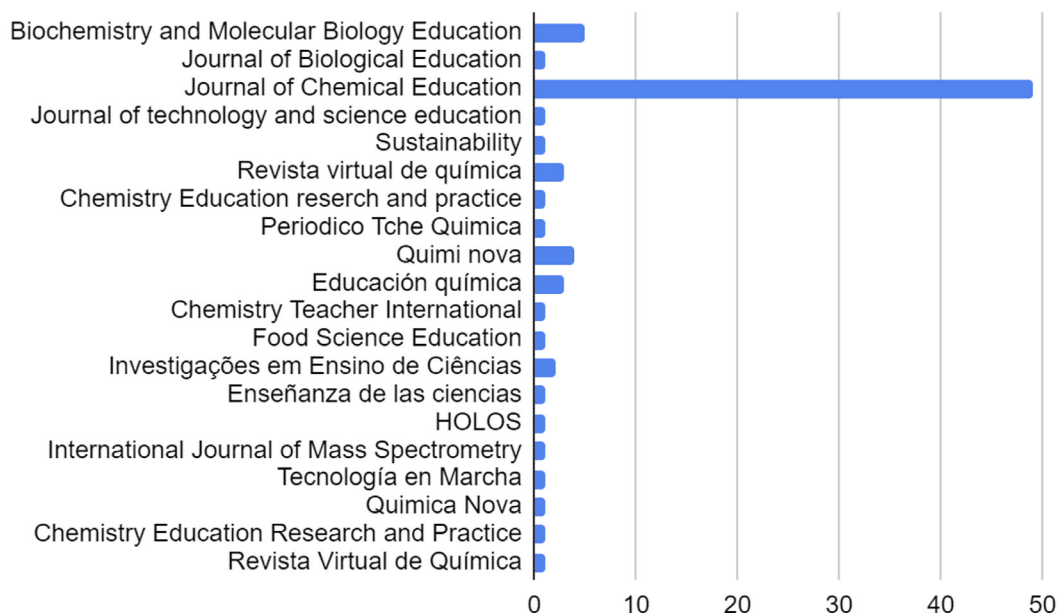


FIGURA 3. Recuento de revistas en las que se publican los artículos del consolidado.

Desde una primera lectura de los documentos se identifica que el 91 % de los artículos corresponden a innovaciones en actividades de laboratorio, los cuales suelen declarar de manera robusta las bases teóricas respecto de conocimiento químico (características de moléculas, procedimientos experimentales, estándares de calidad analítica o los cálculos que sustentan los procedimientos), por ejemplo, Angelani et al.(2018) describen las moléculas utilizadas, su ruta metabólica y las operaciones matemáticas involucradas. Por otra parte, la intencionalidad pedagógica (teorías referentes a aprendizaje, enfoques de aprendizaje o perspectivas educativas) suelen ser detalladas con menor profundidad o inclusive no declaradas.

Dentro de estas innovaciones en actividades de laboratorio es posible identificar dos grupos, aquellos que reportan implementación con estudiantes (79 %) y, por tanto, poseen datos respecto a los efectos de la innovación, como por ejemplo un laboratorio con nanopartículas de plata aplicado a estudiantes de diversas carreras (Cardoso-Avila y Pichardo Molina, 2018) y aquellos que no declaran su implementación con estudiantes (12 %) y, como resultado, no poseen datos respecto a los efectos de la innovación, ejemplo de ello puede ser una propuesta de laboratorio para la asignatura específica como fisicoquímica (Cortes et al., 2019).

Intencionalidad pedagógica

Entendiendo la intencionalidad pedagógica como el conjunto de modelos, métodos o enfoques que adopta un docente al momento de desarrollar un objetivo de aprendizaje, se buscó identificar la diversidad de intencionalidades que los autores declaran explícitamente en sus investigaciones. Esta decisión se tomó debido a que en los casos en los cuales no se declaren intencionalidades pedagógicas de manera explícita, sería necesario realizar búsquedas en documentos adicionales como materiales suplementarios.

Del análisis de los documentos se identifica una gran variedad intencionalidades pedagógicas que articulan las propuestas de investigación, estas fueron agrupadas en las 23 categorías que se presentan en la Figura 4. Las categorías que más destacan son *low-cost*, nombrada en 16 artículos (20 %) en la cual se consideró a todos los documentos que mencionan el uso de material casero o que busquen facilitar el acceso a materiales e instrumentos, como por ejemplos el uso de remolacha roja para el estudio de cinética de degradación (Rosa et al., 2018) o el uso de una cámara regular para efectuar análisis colorimétricos (Angelani et al., 2018). Por otra parte, el *aprendizaje contextualizado* fue nombrado en 13 artículos (16 %) y se consideró en esta categoría a todas las implementaciones que declaran utilizar elementos de la vida cotidiana de sus estudiantes para ejemplificar o sustentar la importancia del laboratorio, diferenciados de metodologías basadas en problemas debido a la ausencia de una problemática a resolver. Como ejemplo, se puede destacar la propuesta de experiencias referentes a la identificación y caracterización de péptidos de ranas ecuatorianas en una universidad Amazónica (Valdivieso-Rivera et al., 2022).

Cabe mencionar que un grupo importante de artículos no declara abiertamente su intencionalidad pedagógica, siendo el grupo de mayor volumen con un total de 27 artículos (34 %). Este resultado no implica que la investigación carezca de intencionalidad pedagógica, sino que, por medio de la metodología empleada y el enfoque de esta investigación, no se identificó la intencionalidad en los artículos.

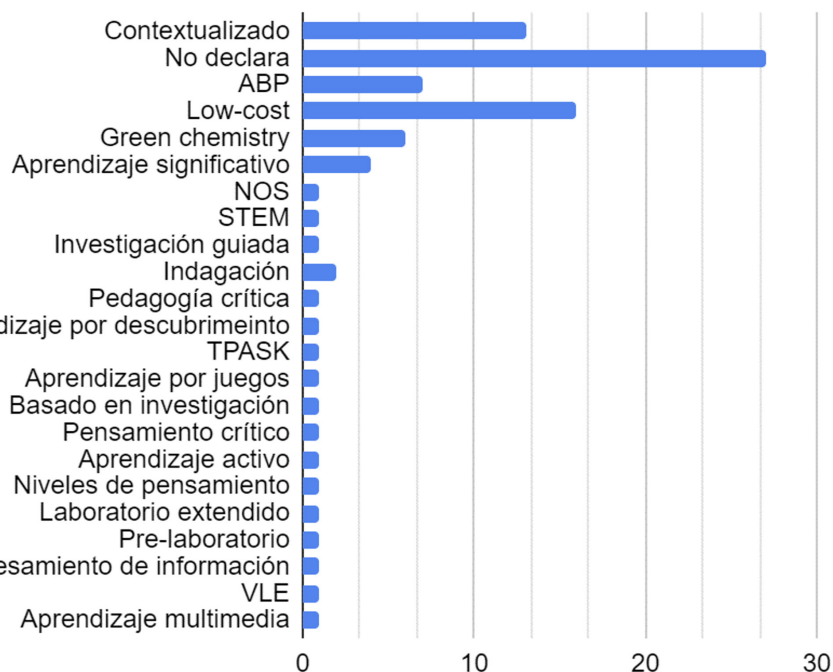


FIGURA 4. Recuento de intencionalidades pedagógicas declaradas en los documentos.
Nota. Las siglas mencionadas en el gráfico corresponden a: Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), *Nature Of Science* (NOS), *Science, Technology, Engineer, and Math* (STEM) y *Technological, Pedagogical, Science Content Knowledge* (TPASK) y *Virtual Learning Environment* (VLE).

Evaluación del aprendizaje

Para entender el impacto que posee un laboratorio en el aprendizaje es necesario el uso de instrumentos o metodologías que permitan recolectar información sobre el nivel de logro de los objetivos planteados. Debido a esto, se buscó identificar todos aquellos instrumentos o metodologías utilizadas en los documentos para evaluar el aprendizaje. De igual forma que en el apartado anterior, se optó por considerar únicamente aquellos elementos declarados explícitamente en el documento, sin perjuicio de que en materiales complementarios sea posible identificar instrumentos no declarados explícitamente.

A partir del análisis se identificaron 21 formas diferentes en las cuales los investigadores establecieron un nivel de aprendizaje, ya sea por las instancias evaluativas propias de la actividad curricular como informes, presentaciones orales, pruebas escritas o por el empleo de instrumentos especializados como puede ser el *Laboratory Assessment Inventory* (Valencia et al., 2019). En la Figura 5 se presentan todos los instrumentos o metodologías identificados en el consolidado de artículos.

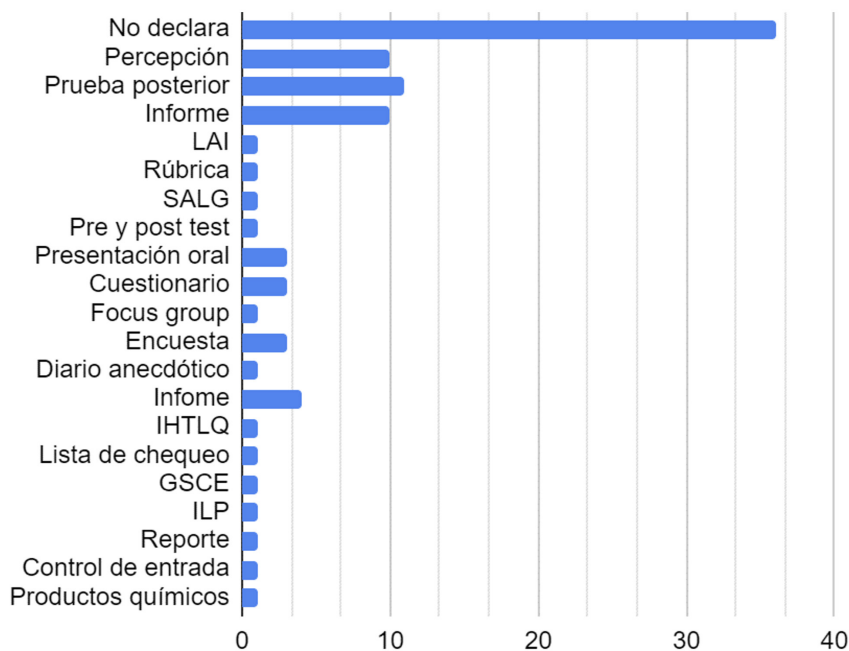


FIGURA 5. Recuento de instrumentos declarados para establecer niveles de logro en el aprendizaje. *Nota.* Las siglas mencionadas en el gráfico corresponden a: *Laboratory Assessment Inventory* (LAI), *Student Assessment of Gains* (SALG), Inventario de Habilidades Técnicas para el Laboratorio de Química (IHTLQ), *Green and Sustainable Chemical Education* (GSCE) e *Integrative Learning Product* (ILP).

De los instrumentos más utilizados destacan las *pruebas* realizadas con posterioridad al laboratorio, las cuales fueron nombradas en 11 artículos (14 %) y se caracterizan por ser evaluaciones en papel o medios virtuales en las que los estudiantes deben responder preguntas sobre los objetivos del laboratorio, ejemplo de ellos es la propuesta de Bezerra De Castro et al. (2020), quienes utilizaron una prueba al finalizar el laboratorio para evaluar el aprendizaje en cuanto a lo teórico y lo práctico del laboratorio. Por otra parte, los *informes* y la *percepción de aprendizaje* son mencionados en 10 artículos cada uno (13 %). El primero se caracteriza por efectuar un proceso posterior de metacognición escrita y ser uno de los instrumentos habitualmente usados en los laboratorios. En el segundo se agruparon aquellos documentos que mencionan la percepción de los estudiantes como un resultado sin especificar la procedencia del dato, ejemplo de esta situación es la investigación de Da Silva y Borges (2019) quienes se centran en la obtención de los resultados experimentales y adicionalmente mencionan el entusiasmo de los estudiantes.

Es destacable la aparición de un grupo de artículos que no declara instrumentos o metodologías para evaluar el aprendizaje, siendo un total de 35 artículos (44 %). Este resultado se relaciona fuertemente a la presencia de un grupo de artículos que no poseen implementación de sus propuestas de laboratorio, por lo cual no presentan metodologías evaluativas.

Categoría emergente: educación remota de emergencia

Adicionalmente, se consideró una categoría que no fue prevista inicialmente, esta se presenta debido a que un número considerable de artículos declara contextualizar sus investigaciones en el escenario del confinamiento COVID-19. En este sentido, la pandemia obligó a instituciones en todo el mundo a cerrar sus puertas y trasladar de manera abrupta las actividades de docencia a espacios virtuales, bajo este ambiente de adecuaciones se acuña el concepto de educación remota de emergencia. Si bien todas las actividades educativas debieron adecuarse al confinamiento, las características experimentales de los laboratorios fueron difíciles de suplir sin el acceso a estos. Bajo esta premisa, un 19,4 % de los artículos declararon el confinamiento como contexto educativo. Este grupo de investigación destaca por ser una respuesta a la necesidad de reestructurar el laboratorio dada la contingencia sanitaria y por considerar material de fácil acceso. La gran mayoría se caracterizan por ser principalmente propuestas de laboratorios, aunque se identificaron artículos centrados en estudiar el aprendizaje bajo este contexto. Por ejemplo, Hamer et al. (2021), desarrollaron un laboratorio de fluorescencia con materiales caseros, mientras que Sandi-Urena (2020) estudió el desarrollo de habilidades experimentales durante este periodo.

Discusiones

Con miras a caracterizar los aportes latinoamericanos respecto a la falta de evidencia empírica que demuestre una relación entre el aprendizaje y el uso de laboratorio con fines educativos, es posible notar que existen investigaciones latinoamericanas que aportan a la temática, a pesar de ello, estas investigaciones no declaran ser conscientes de este cuestionamiento y se centran en validar una propuesta de laboratorio particular o un instrumento evaluativo del aprendizaje en el laboratorio. Es llamativo que en muchos casos las metodologías que muestran como innovaciones no poseen una intencionalidad pedagógica declarada, por lo que es difícil establecer un posicionamiento teórico de los autores respecto a lo que ellos entienden por aprendizaje. A pesar de ello, todas las innovaciones declaran abiertamente, y con considerable detalle, las bases teóricas que sustentan los procedimientos experimentales propuestos (moléculas, cálculos matemáticos, reacciones químicas). Esta disparidad en los enfoques da a entender que los autores se especializan en el área disciplinar, lo cual podría explicar el que se presenten en segundo plano otros objetivos como los identificados por Agustian et al. (2022); pensamiento epistémico, dominio afectivo. En este sentido, es presumible pensar que quienes presentan investigaciones e innovaciones en el laboratorio a nivel universitario poseen una formación desde la química y no desde la docencia. Este planteamiento podría dar a entender que la ausencia de bases pedagógicas está relacionada con el desconocimiento de las mismas más que del desinterés o falta de importancia para el planteamiento. Para entender de mejor manera este fenómeno, sería recomendable tener acceso a la formación de los investigadores y a sus líneas de trabajo, tal como lo propone Decker y McGill (2019) en su revisión bibliográfica centrada en STEAM.

Esta ausencia de intencionalidad pedagógica declarada no es únicamente una dificultad para la identificación del posicionamiento de los autores respecto a sus perspectivas del aprendizaje, sino que además puede implicar una falta de claridad de los objetivos sugeridos para cada laboratorio. En este sentido, existe evidencia que relaciona la claridad de los objetivos propuestos con mejoras en los resultados en los laboratorios (Santos-Díaz et al., 2019). Si bien esta revisión bibliográfica no buscaba identificar los objetivos de las investigaciones analizadas, la ausencia de estos levanta el cuestionamiento sobre qué estamos enseñando en el laboratorio. Tal como ya se dijo, el foco de las investigaciones está en la adquisición de saberes químicos y habilidades experimentales, pero se hace necesario que los documentos expliciten en sus apartados iniciales otros aspectos que se esperan desarrollar en los estudiantes (o que se deducen a partir de la lectura) y cómo los abordarán. Sería conveniente sumar en las publicaciones un posicionamiento respecto a las habilidades a desarrollar más allá de las experimentales, las metodologías educativas empleadas y los instrumentos de evaluación aplicados. Estos elementos le permitirán al lector conocer el potencial pedagógico de la propuesta y entender los niveles de logros reportados a partir de los instrumentos evaluativos utilizados además de entregar un mayor nivel de coherencia interna a las investigaciones al mostrar un lineamiento que se pueda seguir respecto a la relación entre los aprendizajes esperados, la metodología y los aprendizajes logrados.

Respecto a la evaluación del aprendizaje, se evidencia una ausencia de lineamientos respecto a la recolección de datos empíricos, esto lo podemos notar en lo presentado en la Figura 5, en donde se aprecia la existencia de un gran número de instrumentos que fueron utilizados en un único documento. A pesar de ello, existe una preferencia hacia los instrumentos tradicionales, tales como informes y pruebas (25 % en su conjunto), lo que sugiere que incluso los investigadores que proponen formas novedosas de trabajo en el laboratorio no incorporan innovaciones respecto de los procesos evaluativos. Adicionalmente, tanto las pruebas como los informes son instrumentos sin justificaciones teóricas o metodológicas, esto implica que no existen registros respecto a que elementos conforman la construcción del instrumento y por tanto es prácticamente imposible realizar comparaciones entre los resultados de dos publicaciones que declaren el uso de pruebas como datos empíricos. Este marco genera la necesidad de instrumentos evaluativos específicos, tema especialmente relevante debido a que uno de los cuestionamientos al laboratorio es la falta de evidencia que permita sustentar su impacto en el aprendizaje (Bretz, 2019). Considerando las particularidades de los laboratorios, sería pertinente avanzar hacia la adecuación y validación de instrumentos ya existentes como el *Meaningful Learning in the laboratory Instrument* (MLLI) el cual busca evaluar los dominios cognitivos y afectivos bajo la mirada del aprendizaje significativo (Galloway y Bretz, 2015a, 2015b, 2015c, 2015d) o la consolidación de algunos de los instrumentos construidos por los investigadores latinoamericanos, como puede ser el Inventario de Habilidades para el Trabajo en el Laboratorio de Química (Reyes-Cárdenas et al., 2019), el cual se construye en torno a los tipos de pensamientos (orden inferior, orden superior y químico).

En su conjunto, la falta de intencionalidades pedagógicas declaradas y la ausencia de instrumentos de evaluación que permitan obtener datos comparables entre investigaciones muestran que es necesario relevar el rol de los docentes dentro del laboratorio a un estatus mayor al de sólo entregar saberes disciplinares. Se hace indispensable que los docentes encargados de las clases de laboratorio entendamos a este espacio como un ambiente que

permite el desarrollo de diversos aspectos (dominio afectivo, habilidades experimentales, habilidades transversales) y que, por tanto, debemos hacernos cargo tanto a nivel de las planificaciones e implementaciones de fomentar el desarrollo integral de los estudiantes. De igual manera, es necesario que aquellos docentes que deseen contribuir al entendimiento del laboratorio como un espacio educativo particular deben tener en cuenta la necesidad de obtener datos empíricos que den pie a las generalizaciones necesarias para proyectar sus hallazgos junto a los de otros investigadores, por lo que es necesario que el desarrollo de estas diversas habilidades en nuestros estudiantes debe ir emparejado de metodologías replicables en otros contextos educativos.

Por otra parte, un tema recurrente en los documentos es la poca compatibilidad de la educación remota de emergencia desencadenada por el confinamiento COVID-19. Si bien hoy en día las medidas de confinamiento no son una estrategia sanitaria en uso, los efectos de la Educación Remota de Emergencia siguen siendo un asunto de estudio, así lo demuestra la existencia del número especial de la JCE *"Teaching Changes and Insights Gained in the Time after COVID-19"* publicado el 2023. Entre los documentos que forman parte del consolidado se identificaron dos artículos relacionados con este número especial (Alanis-Garza et al., 2023; Esponda-Velasquez et al., 2023), en los cuales se reportan beneficios en el empleo de modalidades remotas e híbridas y se proyectan desafíos para sus implementaciones en cursos de educación a distancia.

Limitaciones

Si bien la búsqueda bibliográfica a partir de los cuatro conceptos claves permitió la identificación de artículos enfocados en el aprendizaje en el laboratorio de química para nivel universitario por autores latinoamericanos, esta metodología posee limitaciones en la identificación de documentos. En esta línea, algunos documentos que tratan temas afines no entraron en el consolidado debido a la ausencia de uno o más de los conceptos claves previamente definidos, por ejemplo, Prat et al. (2018) presentan la implementación de una estrategia didáctica en un curso universitario. Este documento, al no presentar los conceptos claves en su título, resumen o palabras claves, no fue identificado por los motores de búsqueda.

Conclusión

A partir de la metodología empleada se identificaron 80 artículos con autores afiliados a instituciones latinoamericanas que desarrollan investigaciones referentes al aprendizaje en el laboratorio de química de nivel universitario. Estos documentos se caracterizan por ser publicados principalmente en el JCE (61 %), en inglés (83 %) y enfocadas en propuestas de laboratorios con o sin implementación con estudiantes (91 %).

Respecto a las intencionalidades pedagógicas, existe una gran diversidad de modelos, metodologías y enfoques educativos que los autores declaran al construir sus propuestas, las cuales no parecieran presentar núcleos claros de trabajo que articulen propuestas en intencionalidades comunes. A pesar de ello, es evidente que el principal enfoque adoptado por los autores está relacionado con el desarrollo del aprendizaje disciplinar y con acercamientos más sutiles a los otros objetivos propuestos por Agustian et al. (2022). De forma similar, la evaluación del aprendizaje presenta una gran diversidad de instrumentos y metodologías, las cuales tampoco se articulan en propuestas que puedan considerarse

características de los autores latinoamericanos. Esta ausencia de bases sólidas en cuanto a la evaluación del aprendizaje repercute en la calidad de los datos presentados como evidencia empírica, ya que no es posible realizar un seguimiento de las preguntas realizadas ni de los criterios evaluados. En su conjunto, estas características levantan la necesidad de trabajar en la consolidación de instrumentos aplicables al contexto latinoamericanos, ya sea por medio de la contextualización de instrumentos extranjeros o la consolidación de propuestas regionales que permitan levantar datos empíricos, confiables y comparables.

Es posible concluir que los aportes latinoamericanos se caracterizan principalmente por centrarse en la construcción de propuestas de laboratorios con foco en el desarrollo del aprendizaje disciplinar de los estudiantes, lo cual presenta un margen amplio a futuras investigaciones que centren su trabajo en el desarrollo de las competencias experimentales, el pensamiento de orden superior y aprendizaje epistémico, las competencias transversales o el dominio afectivo (Agustian et al., 2022).

Finalmente, se evidencia la necesidad de generar estándares que puedan guiar a los investigadores respecto a los elementos necesarios de reportar en las investigaciones para que puedan ser replicados por otros docentes. En esta línea, el indicar la *experiencia de los investigadores* permitiría establecer un acercamiento teórico a la investigación, el establecer una intencionalidad pedagógica que permita identificar un *acercamiento al aprendizaje* y los *objetivos de la actividad* experimental permitirían a los docentes adecuar las implementaciones a sus propias necesidades con mayor facilidad e identificar los *instrumentos evaluativos* tanto en sus criterios de evaluación y su nivel de validación permitirían al lector entender el alcance de la investigación.

Agradecimiento

Se agradece particularmente al programa de Doctorado en Educación de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la educación por su apoyo en esta investigación.

Referencias

- Aguilar, M., y Bize, R. (2011). *Pedagogía de la Intencionalidad. Educando para una conciencia activa*. Homo Sapiens Ediciones.
- Agustian, H. Y., Finne, L. T., Jørgensen, J. T., Pedersen, M. I., Christiansen, F. V., Gammelgaard, B., y Nielsen, J. A. (2022). Learning outcomes of university chemistry teaching in laboratories: A systematic review of empirical literature. *Review of Education*, 10(2), e3360. <https://doi.org/10.1002/rev3.3360>
- Alanís-Garza, B. A., Paniagua-Vega, D., Rodríguez-Martínez, O., Cavazos-Rocha, N., Salazar-Aranda, R., Waksman-Minsky, N., y Saucedo, A. L. (2023). Instrumental analysis experience-based teaching before and during the COVID-19 pandemic: Challenges and opportunities. *Journal of Chemical Education*, 100(4), 1476-1485. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00875>

- Angelani, C. R., Carabias, P., Cruz, K. M., Delfino, J. M., de Sautu, M., Espelt, M. V., Ferreira-Gomes, M. S., Gómez, G. E., Mangialavori, I. C., Manzi, M., Pignataro, M. F., Saffioti, N. A., Salvatierra Fréchou, D. M., Santos, J., y Schwarzbbaum, P. J. (2018). A metabolic control analysis approach to introduce the study of systems in biochemistry: The glycolytic pathway in the red blood cell. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 46(5), 502-515. <https://doi.org/10.1002/bmb.21139>
- Bezerra de Castro, C., Teixeira, I. F., y Marques Netto, C. G. C. (2020). Periodic trends in a simulated water treatment station: A methodology to engage students in the lower levels of inorganic chemistry learning. *Journal of Chemical Education*, 97(8), 2175-2184. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00230>
- Bretz, S. L. (2019). Evidence for the importance of laboratory courses. *Journal of Chemical Education*, 96(2), 193-195. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00874>
- Cáceres-Jensen, L., Rodríguez-Becerra, J., Jorquera-Moreno, B., Escudey, M., Druker-Ibañez, S., Hernández-Ramos, J., Díaz-Arce, T., Pernaa, J., y Aksela, M. (2021). Learning reaction kinetics through sustainable chemistry of herbicides: A case study of preservice chemistry teachers' perceptions of problem-based technology enhanced learning. *Journal of Chemical Education*, 98(5), 1571-1582. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00557>
- Cardoso-Avila, P. E., y Pichardo Molina, J. L. (2018). Demonstrating the photochemical transformation of silver nanoparticles. *Journal of Chemical Education*, 95(11), 2034-2040. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00266>
- Carnduff, J., y Reid, N. (2003). *Enhancing undergraduate chemistry laboratories*. The Royal Society of Chemistry. <http://pubs.rsc.org/en/content/ebook/978-0-85404-378-1>
- Chang, H. (2017). What history tells us about the distinct nature of chemistry. *Ambix*, 64(4), 360-374. <https://doi.org/10.1080/00026980.2017.1412135>
- Chinn, C. A., y Iordanou, K. (2023). Theories of Learning. En *Handbook of Research on Science Education*. Routledge.
- Cortés, M. T., Vargas, C., Blanco, D. A., Quinchanegua, I. D., Cortés, C., y Jaramillo, A. M. (2019). Bioinspired polydopamine synthesis and its electrochemical characterization. *Journal of Chemical Education*, 96(6), 1250-1255. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00432>
- da Silva, R. S., y Borges, E. M. (2019). Quantitative analysis using a flatbed scanner: Aspirin quantification in pharmaceutical tablets. *Journal of Chemical Education*, 96(7), 1519-1526. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00620>
- Decker, A., y McGill, M. M. (2019). A systematic review exploring the differences in reported data for pre-college educational activities for computer science, engineering, and other STEM disciplines. *Education Sciences*, 9(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/educsci9020069>

- Esponda-Velásquez, R. I., Rivera-Martínez, B. A., Valle-Suárez, R. M., y Ponce-Rodríguez, H. D. (2023). Teaching microextraction techniques during COVID-19 pandemic through remote lab strategy. *Journal of Chemical Education*, 100(4), 1680-1686. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00660>
- Galloway, K. R., y Bretz, S. L. (2015a). Development of an assessment tool to measure students' meaningful learning in the undergraduate chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 92(7), 1149-1158. <https://doi.org/10.1021/ed500881y>
- Galloway, K. R., y Bretz, S. L. (2015b). Measuring meaningful learning in the undergraduate chemistry laboratory: A national, cross-sectional study. *Journal of Chemical Education*, 92(12), 2006-2018. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00538>
- Galloway, K. R., y Bretz, S. L. (2015c). Measuring meaningful learning in the undergraduate general chemistry and organic chemistry laboratories: A longitudinal study. *Journal of Chemical Education*, 92(12), 2019-2030. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00754>
- Galloway, K. R., y Bretz, S. L. (2015d). Using cluster analysis to characterize meaningful learning in a first-year university chemistry laboratory course. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(4), 879-892. <https://doi.org/10.1039/C5RP00077G>
- Hamer, M., Beraldi, A. M., Gomez, S. G. J., Ortega, F., Onna, D., y Hamer, M. (2021). Glowing-in-the-screen: Teaching fluorescence with a homemade accessible setup. *Journal of Chemical Education*, 98(8), 2625-2631. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00328>
- Hofstein, A. (2004). The laboratory in chemistry education: Thirty years of experience with developments, implementation, and research. *Chemistry Education Research and Practice*, 5(3), 247-264. <https://doi.org/10.1039/B4RP90027H>
- Hofstein, A., y Lunetta, V. N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research: *Review of Educational Research*, 52(2). <https://doi.org/10.3102/00346543052002201>
- Holme, T. A. (2020). Introduction to the Journal of Chemical Education special issue on insights gained while teaching chemistry in the time of COVID-19. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 2375-2377. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01087>
- Jenkins, E. (2007). What is the school science laboratory for? *Journal of Curriculum Studies*, 39(6), 723-736. <https://doi.org/10.1080/00220270601134425>
- Lunetta, V. N., Hofstein, A., y Clough, M. P. (2007). Learning and teaching in the school science laboratory: An analysis of research, theory, and practice. En S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (Lawrence Erlbaum, pp. 393-411). Mahwah.
- Prat, M. R., Ballesteros, C., y M. Lescano, G. (2018). "La previa": Una estrategia de aprendizaje en las prácticas de química. *Educación Química*, 29(4), 18. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.4.65213>

- Primo, E. D., Otero, L. H., Ruiz, F., Klinke, S., y Giordano, W. (2018). The disruptive effect of lysozyme on the bacterial cell wall explored by an in-silico structural outlook. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 46(1), 83-90. <https://doi.org/10.1002/bmb.21092>
- Queiroga, J. de S., y Barbalho, B. C. (2018). Recuperação de cobre a partir de resíduos gerados nas aulas práticas de química no ensino médio. *HOLOS*, 2, 128-145. <https://doi.org/10.15628/holos.2018.5739>
- Reid, N., y Ali, A. A. (2020). *Making sense of learning: A research-based approach*. Springer International Publishing. <https://www.springer.com/gp/book/9783030536763>
- Reid, N., y Shah, I. (2007). The role of laboratory work in university chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 172-185. <https://doi.org/10.1039/B5RP90026C>
- Reyes Cárdenas, F. de M., Cafaggi Lemus, C. E., y Llano Lomas, M. G. (2019). Evaluación y aprendizaje basado en habilidades de pensamiento en un curso de laboratorio de química general. *Educación Química*, 30(3), Article 3. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2019.3.69402>
- Rosa, C. H., Antelo, F., y Rosa, G. R. (2018). Kinetics of thermal-degradation of betanins: A teaching mini-project for undergraduates employing the red beet. *Journal of Food Science Education*, 17(4), 104-110. <https://doi.org/10.1111/1541-4329.12147>
- Rubio, E., y Giraldo, L. G. (2006). Fines pedagógicos. Intencionalidad pedagógica. En Grupo de Investigación Estudios de Educación Corporal, *Sentidos de la motricidad en el escenario escolar*. Grupo de Investigación Estudios de Educación Corporal.
- Sandi-Urena, S. (2020). Experimentation skills away from the chemistry laboratory: Emergency remote teaching of multimodal laboratories. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 3011-3017. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00803>
- Sansom, R., y Walker, J. P. (2020). Investing in laboratory courses. *Journal of Chemical Education*, 97(1), 308-309. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00714>
- Santos-Díaz, S., Hensiek, S., Owings, T., y Towns, M. H. (2019). Survey of undergraduate students' goals and achievement strategies for laboratory coursework. *Journal of Chemical Education*, 96(5), 850-856. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00984>
- Seery, M. K. (2020). Establishing the laboratory as the place to learn how to do chemistry. *Journal of Chemical Education*, 97(6), 1511-1514. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00764>
- Seery, M. K., Agustian, H. Y., Doidge, E. D., Kucharski, M. M., O'Connor, H. M., y Price, A. (2017). Developing laboratory skills by incorporating peer-review and digital badges. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(3), 403-419. <https://doi.org/10.1039/C7RP00003K>
- Seery, M. K., Agustian, H. Y., y Zhang, X. (2019). A framework for learning in the chemistry laboratory. *Israel Journal of Chemistry*, 59(6-7), 546-553. <https://doi.org/10.1002/ijch.201800093>

- Smith, M. U., y Siegel, H. (2004). Knowing, believing, and understanding: What goals for science education? *Science & Education*, 13(6), 553-582. <https://doi.org/10.1023/B:SCED.0000042848.14208.bf>
- Stahre Wästberg, B., Eriksson, T., Karlsson, G., Sunnerstam, M., Axelsson, M., y Billger, M. (2019). Design considerations for virtual laboratories: A comparative study of two virtual laboratories for learning about gas solubility and colour appearance. *Education and Information Technologies*, 24(3), 2059-2080. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-09857-0>
- Towns, M. H. (2017). Faculty and student goals for undergraduate laboratory. *Química Nova*, 40(4), 454-455. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170005>
- Valdivieso-Rivera, F., Almeida, J. R., y Proaño-Bolaños, C. (2022). An experimental protocol for molecular biology lab at an Amazonian University. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 50(3), 326-333. <https://doi.org/10.1002/bmb.21612>
- Valencia, K., Sanjosé, V., y Torres, T. (2019). Do laboratory activities contribute to a contemporary conception of science in initial teacher training? *Periódico Tchê Química*, 16(32), 983-995. https://doi.org/10.52571/PTQ.v16.n32.2019.1000_Periodico32_pgs_983_995.pdf
- Van Brederode, M. E., Zoon, S. A., y Meeter, M. (2020). Examining the effect of lab instructions on students' critical thinking during a chemical inquiry practical. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(4), 1173-1182. <https://doi.org/10.1039/D0RP00020E>
- Xu, X., Li, N., Chen, C., Zhao, L., Jiang, Y., Zhang, J., y Lin, X. (2023). The ideological and political education in the courses of general chemistry laboratory. *University Chemistry*, 38(5), 61-66. <https://doi.org/10.3866/PKU.DXHX202207020>