

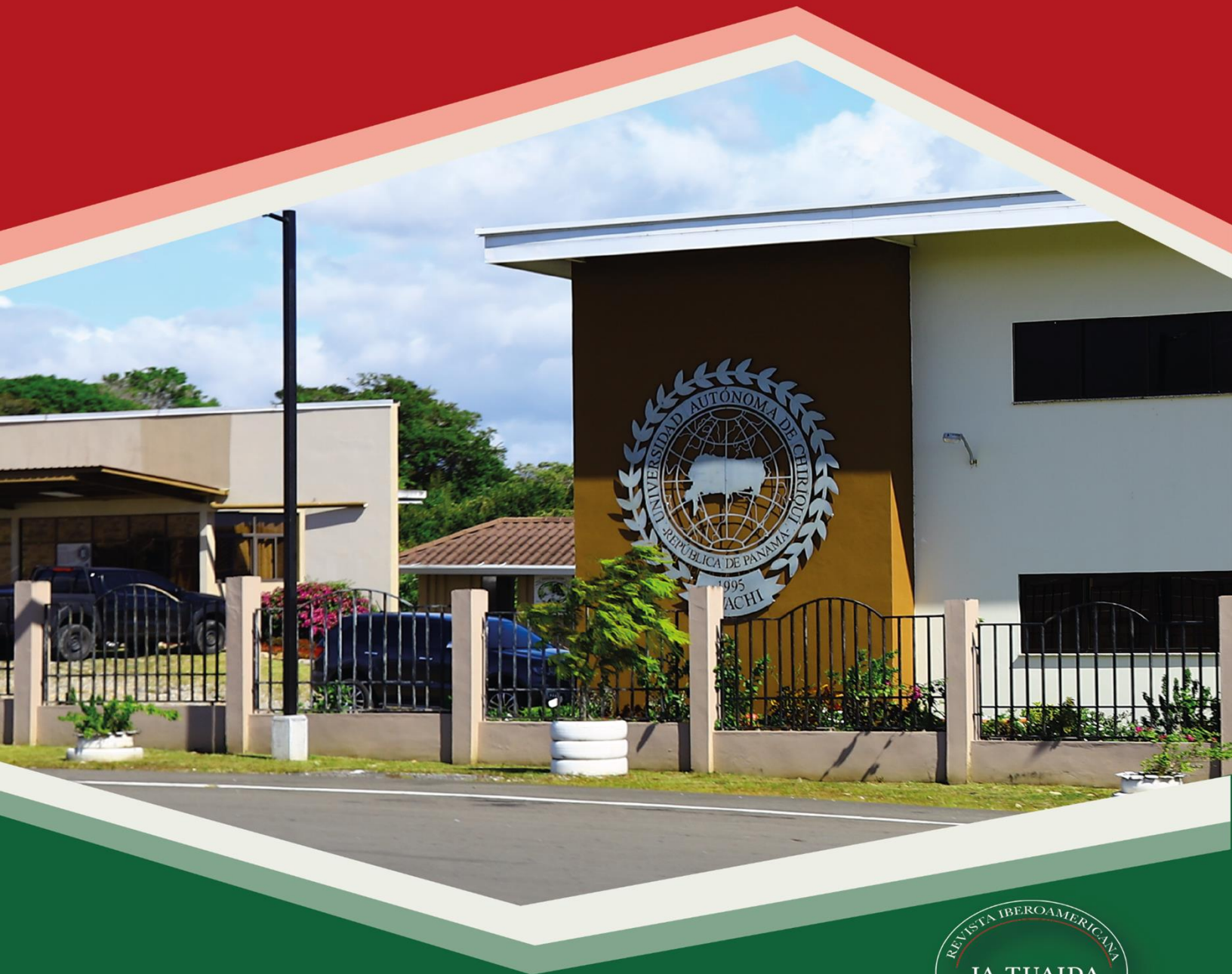
Julio - Diciembre de 2024
Publicación Semestral

VOLUMEN **1**
NÚM. 2

JA TUAIDA

REVISTA IBEROAMERICANA
DE INNOVACIÓN CIENTÍFICA

Universidad Autónoma de Chiriquí | Extensión Universitaria de Boquete



ISSN: L 2992-6440



Los laboratorios virtuales y su inclusión en una institución educativa rural

Larry Barraza Rodríguez



<https://orcid.org/0009-0005-3205-6724>

Universidad de Panamá

larry.barraza-r@up.ac.pa

Fecha de recepción: 15-05-2024

Fecha de aceptación: 13-06-2024

DOI: <https://doi.org/10.59722/riic.v1i2.753>

Resumen: Este ensayo tiene como finalidad presentar la postura acerca de cómo los laboratorios virtuales impactan en la inclusión educativa de estudiantes de nivel de secundaria y media en la asignatura de química en una institución educativa de carácter rural. El texto analiza el concepto de laboratorios virtuales y de inclusión educativa, con un enfoque objetivo, en el que se muestran las ventajas y desventajas de este tipo de recurso digital, así como la manera en que hay diferentes posturas acerca de cómo se relacionan estos dos conceptos. Los laboratorios virtuales como herramientas pedagógicas son cada vez más utilizada en el contexto educativo, permiten a los educandos realizar experiencias virtuales en un entorno seguro y totalmente controlado, sin la necesidad de una infraestructura compleja como también equipos costosos o materiales peligrosos. De igual manera, se sustenta la noción que con respecto a considerar que los laboratorios virtuales ofrecen una alternativa rentable, ya que la inversión en infraestructura, reactivos y otros es bastante reducida o nula; permitiendo esto mayor eficiencia en los manejos financieros de las instituciones educativas, pues facilitan reinversión de recursos en equipos de computación que ofrezcan mayor cobertura y accesibilidad para los educandos, reduciendo la brecha de inclusión y acceso a la información, permitiendo a los estudiantes acceder a experiencias y recursos educativos desde cualquier parte del mundo.

Palabras claves: *laboratorio virtual, química, inclusión.*

Virtual laboratories and their inclusion in a rural educational institution

Abstract: This essay aims at discussing how virtual laboratories impact educational inclusion for high school and middle school chemistry students in a rural educational institution. It objectively examines virtual laboratories and educational inclusion, highlighting the benefits and drawbacks of these digital resources and the various perspectives on their relationship. Virtual laboratories, as pedagogical tools, are increasingly used in education, enabling students to conduct experiments in a safe, controlled environment without needing complex infrastructure, costly equipment, or hazardous materials. The essay also supports the idea that virtual laboratories are a cost-effective alternative, as infrastructure investment, reagents or similar costs, are they significantly reduced or zero. This leads to more efficient financial management in educational institutions, allowing for the reinvestment of resources into computer equipment that improves coverage and accessibility for students. As a result, virtual laboratories help bridge the gap in inclusion and access to information, enabling students to access educational experiences and resources from anywhere in the world.

Keywords: *virtual laboratory, chemistry, inclusion.*

Laboratórios virtuais e sua inclusão em uma instituição de ensino rural instituição de ensino rural

Resumo: Este ensaio tem como objetivo discutir como os laboratórios virtuais afetam a inclusão educacional dos alunos de química do ensino médio e fundamental em uma instituição de ensino rural. Ele examina objetivamente os laboratórios virtuais e a inclusão educacional, destacando os benefícios e as desvantagens desses recursos digitais e as várias perspectivas sobre sua relação. Os laboratórios virtuais, como ferramentas pedagógicas, são cada vez mais usados na educação, permitindo que os alunos realizem experimentos em um ambiente seguro e controlado sem a necessidade de infraestrutura

compleja, equipamientos caros o materiales peligrosos. O ensaio também apoia a ideia de que os laboratórios virtuais são uma alternativa econômica, pois o investimento em infraestrutura, reagentes ou custos semelhantes são significativamente reduzidos ou nulos. Isso leva a uma gestão financeira mais eficiente nas instituições educacionais, permitindo o reinvestimento de recursos em equipamentos de informática que melhoram a cobertura e a acessibilidade para os alunos. Como resultado, os laboratórios virtuais ajudam a preencher a lacuna na inclusão e no acesso à informação, permitindo que os alunos acessem experiências e recursos educacionais de qualquer lugar do mundo.

Palavras-chave: laboratórios virtuais, química, inclusão.

Introducción

El aprendizaje en línea se bifurca en dos líneas: aprendizaje sincrónico y asíncrono. El sincrónico hace referencia a la educación donde los educandos tienen la posibilidad de aprender interactuando con el profesor y los compañeros en el momento en que este ocurriendo, siendo este un tipo de enseñanza grupal, ya que todos están aprendiendo en un momento dado. De forma diferente, el aprendizaje asíncrono puede suceder normalmente cuando el educando tiene tiempo libre o se encuentra desconectados y le han proporcionado los videos o materiales visto en la clase, en el momento en que el educando pueda o tenga la disponibilidad para hacerlo,

logrando aprender lo mismo, pero a diferentes ritmos.

Es así, como cada uno estos aprendizajes traen consigo sus ventajas como por ejemplo el de la etapa sincrónica: debates en tiempo real, comentarios inmediatos, aprendizaje más rápido. Entre otras desventajas: poca de flexibilidad, necesidad de buen servicio de Internet, atención personalizada deficiente etc.

De igual forma, el asincrónico presenta como ventajas: Ritmo de aprendizaje que imponga el educando, sin restricción de horarios entre otros y de desventajas: ausencia de trato personal, falta de atención y mucha autodisciplina.

De igual forma, los laboratorios virtuales son una de las herramientas

disponibles en la red, los cuales se encuentran como aplicaciones o pequeños programas que tienen como insumo los modelos teóricos y que, con ayuda de ciertos elementos clave, simulan las condiciones de laboratorio con impresionante exactitud.

Consecuentemente con lo anterior, la enseñanza de la química desempeña un papel fundamental en la comprensión de las ciencias de la naturaleza; de igual forma contribuye de forma decisiva a satisfacer las necesidades de la humanidad en alimentación, medicamentos, indumentaria, vivienda, energía, materias primas, transportes y comunicaciones. Los docentes hacemos uso de este importante recurso educativo para demostrar y reafirmar los conocimientos teóricos que se han visto en el aula. De esta forma se destaca a los laboratorios de química como el espacio en el que se estudian múltiples fenómenos ocurridos en la materia desde el punto de vista de sus propiedades generales (extrínsecas) y específicas (intrínsecas) para obtener información de carácter científico, generalmente en forma de datos, para el

posterior análisis y aplicación en los diferentes espacios de la vida del educando.

Comenzando con el estado del arte, se presenta el constructo científico de Lopes, et al. (2024), para quienes, el trabajo de laboratorio a menudo se considera una parte esencial de la educación química, pues fortalecen habilidades importantes que los estudiantes deben adquirir durante las sesiones prácticas de laboratorio y que corresponden a habilidades relacionadas con aprender química, habilidades prácticas, habilidades científicas y habilidades generales. De este modo, para Martínez (2024), además que el trabajo de laboratorio es distinto del resto del plan de estudios, este resulta ser un entorno de aprendizaje complejo, en el que los estudiantes necesitan reunir las habilidades que los componen, incluido el aprendizaje de las habilidades prácticas necesarias y aplicar los conocimientos a una tarea científica.

También, para Yáñez (2024), el laboratorio es el lugar para aprender a hacer química. Sin embargo, las

sesiones de laboratorio físico requieren mucha mano de obra y tiempo para el personal involucrado y la infraestructura del laboratorio son muy costosos. Según Ayu et al. (2024), los laboratorios virtuales son una de las herramientas digitales que se pueden utilizar para proporcionar aprendizaje a distancia para sesiones de laboratorio. Estos laboratorios virtuales son entornos de aprendizaje simulados por computadora que pueden variar desde simples desde visualizaciones 2D de experimentos de laboratorio hasta simulaciones 3D avanzadas, que intentan replicar entornos reales de laboratorio.

Igualmente, según Chen et al. (2024), debido a que el aprendizaje a distancia se está volviendo más popular actualmente, se pueden esperar más variedades de laboratorios virtuales en el futuro cercano. Sin embargo, diseñar y desarrollar un entorno de aprendizaje virtual tan complejo no siempre es tan fácil. A menudo se requiere un equipo multidisciplinario con diferentes niveles de experiencia (por ejemplo: informáticos, tecnólogos educativos y profesores de química) para crear una experiencia de aprendizaje eficaz.

Además, las investigaciones han demostrado que el aspecto tecnológico no es el único factor que contribuye al diseño de entornos virtuales de aprendizaje eficaces.

De igual forma, el diseño tecnológico puede incluso resultar inhibitorio de los procesos de aprendizaje cognitivo si no se diseña de forma óptima. Se requiere un diseño de instrucción riguroso que utilice teorías de aprendizaje bien establecidas y apoyo de instrucción para optimizar la efectividad de la experiencia del laboratorio virtual.

Ahora bien, el autor aborda los diferentes tipos de tecnología y elementos de diseño instruccional, para identificar la manera en que apoyan el proceso de inclusión. Además, en el caso de los laboratorios virtuales, estas son herramientas digitales que se vuelven muy útiles en estas situaciones, y es donde emergen las siguientes preguntas: ¿Qué investigaciones se han realizado sobre estas herramientas? y ¿Qué elementos son importantes en términos de tecnología y diseño instruccional?

Por otra parte, la postura del autor corresponde a considerar que los laboratorios virtuales ofrecen una alternativa rentable, ya que al ser gratuitas la gran mayoría de las aplicaciones de laboratorios virtuales la inversión en planta física y materiales se reduce ostensiblemente. Ahora bien, los recursos económicos no invertidos se pueden canalizar hacia la compra de equipos de informática como computadoras, tabletas, celulares, routers entre otros, ofreciendo mayor accesibilidad, pues los laboratorios virtuales rompen las barreras geográficas, permitiendo a los estudiantes acceder a experimentos y recursos educativos desde cualquier parte del mundo, promoviendo de este modo la inclusión de toda la comunidad educativa de la institución.

Además, para Chonillo-Sislema et al. (2024), la química, una materia científica fundamental, comprende teorías, hechos y leyes que han sido explorados y validado mediante rigurosos procedimientos experimentales. Su importancia abarca diversos dominios científicos; tales como medicina, farmacia y ciencias

ambientales subraya su inclusión en el plan de estudios. Además, de acuerdo con Carvajal (2024), una faceta importante de la educación química es la comprensión de las interacciones de elementos y compuestos, y las implicaciones prácticas de estas reacciones en la vida diaria. De este modo, de acuerdo con López (2024), la llegada de la tecnología ha afectado profundamente el campo de la educación química. Es así cómo, para facilitar la comprensión integral de conceptos complejos, la integración de la tecnología en la educación ha sido fundamental.

Sin embargo, de acuerdo con Putra & Zainul (2024), la utilización óptima de la tecnología en la educación exige un marco definido y de conjunto de estándares profesionales para garantizar la eficacia y facilitar la comprensión adecuada entre los estudiantes. Centrándose en la química orgánica, implica el estudio de compuestos unidos por enlaces carbono-hidrógeno, sus propiedades, reacciones y estructura. Igualmente, para Rahman et al. (2024), dada la infinidad de compuestos orgánicos que existen debido a la capacidad del carbono para formar

cadenas con otros átomos, los métodos de instrucción en esta área deben incorporar actividades prácticas para proporcionar una comprensión práctica de reacciones y compuestos.

Por otra parte, las sesiones prácticas de laboratorio y los experimentos han sido tradicionalmente los métodos preferidos de enseñanza de la química, ya que estimulan la creatividad, las habilidades de resolución de problemas y fomentan el aprendizaje por observación, tal como exponen Sanzana et al. (2024). Sin embargo, estos métodos a menudo se ven obstaculizados por desafíos logísticos, como los altos costos de los equipos, la falta de recursos y limitaciones de tiempo para la preparación. Este desafío se acentuó aún más durante la pandemia de COVID-19 cuando el acceso a los laboratorios físicos se volvió severamente limitado. En este contexto, la integración de la tecnología en la educación se ha destacado como una estrategia esencial por parte de organizaciones como la UNESCO, como parte de sus objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

Por lo tanto, los laboratorios virtuales, son una aplicación de la tecnología en la educación, sirven como plataformas para que los estudiantes simulen problemas del mundo real y reacciones en un entorno virtual. Esta herramienta ofrece a los estudiantes la flexibilidad de repetir experimentos e interactuar con varios aspectos del experimento, así como fomentar una comprensión más profunda de los conceptos. Varios estudios indican que el uso de laboratorios virtuales mejora la comprensión y el desempeño de los estudiantes en química. También sugieren un aumento en los niveles de motivación y compromiso de los estudiantes. Además, los laboratorios virtuales sirven como una herramienta de enseñanza rentable que permite la práctica preventiva antes de los experimentos del mundo real (Batista et al., 2024).

De acuerdo con Abouelenein et al. (2024), el laboratorio virtual se define como un entorno virtual de enseñanza y aprendizaje destinado a desarrollar las habilidades de laboratorio de los estudiantes. Son una de las herramientas de e-learning más

importantes. Están ubicados en Internet, donde el estudiante puede realizar muchos experimentos sin restricciones de lugar o tiempo, a diferencia de las limitaciones de los laboratorios reales. Avanzando con la presentación de temas asociados con el concepto de laboratorios virtuales, se presentan diferentes posturas sobre las ventajas y desventajas de este recurso en el proceso educativo.

Además, para Hai-Jew (2024), los laboratorios virtuales también aportan muchas ventajas al profesor. Con los laboratorios virtuales, los profesores no tienen que ir al laboratorio en determinados momentos y desplazarse de un lugar a otro para preparar el experimento. Esto ahorra mucho esfuerzo y tiempo; uno de los objetivos más importantes del e-learning (modalidad educativa en donde el proceso de enseñanza-aprendizaje se encuentra apoyado en el uso de las tecnologías de información y comunicación) Es así como, se ha utilizado en muchas universidades y escuelas de todo el mundo para mantenerse al día con el desarrollo tecnológico que estamos presenciando

en la era digital, que se refleja de diversas formas en los campos de la educación a distancia y el aprendizaje electrónico.

Igualmente, para Zadeh et al, (2024), en cuanto a las aplicaciones de la tecnología en el campo de la educación, son muchos los beneficios e importancia del laboratorio virtual que se pueden mencionar. También existen muchos obstáculos a los que se enfrenta la difusión de estas aplicaciones tecnológicas. Una de estas, según Carrasquero & Vaca (2024), corresponde al acceso igualitario al tiempo y la atención de un instructor puede ser una barrera que enfrentan muchas minorías subrepresentadas. Los propios prejuicios de un instructor determinarán la naturaleza de su interacción con los estudiantes e incluso los instructores bien intencionados pueden interactuar con los estudiantes de maneras diferentes, lo que podría impedir que ciertos estudiantes tengan acceso al material de la clase.

De este modo, de acuerdo con Altarawneh (2024), este es un problema insidioso, que puede o no ser reconocido

en las evaluaciones de pares y estudiantes, y una cuestión que podría escapar a la autorreflexión incluso en educadores comprometidos con la diversidad y la inclusión. Este problema combina sesgos reales y percibidos, introduciendo una dinámica compleja entre instructor y estudiante. La realidad virtual que se puede utilizar en un laboratorio virtual para química, proporciona una vía para generar materiales que pueden usarse para mejorar o reemplazar la instrucción en el aula con un gran grado de realismo y sin necesidad de un instructor, que puede ejercer algún tipo de estigmatización sobre algún estudiante.

Es así como, entrando ya en el tema de la inclusión, la posición de Caniogo & Zainul (2024), corresponde a cómo en una escuela inclusiva, todos los niños y jóvenes de la comunidad local son bienvenidos a participar en toda la vida curricular y extracurricular. Todos los que están comprometidos con los estudiantes (maestros, líderes escolares, padres) tienen altas expectativas para todos los estudiantes. La actitud acogedora de la escuela está respaldada por un sistema que cree que

todos los niños y los jóvenes pertenecen y deben ser bienvenidos y educados en la clase regular de su institución educativa. De este modo, el sistema reconoce y promueve los beneficios de la inclusión para las instituciones educativas, juntas escolares, padres de familia y comunidad en general.

Conclusiones

Los efectos observados en el uso de laboratorios virtuales en los procesos pedagógicos son muy positivos, ya que permiten comprender los temas y aclarar los interrogantes originados durante el desarrollo de las clases, dando origen a una correlación entre la teoría y la práctica; de igual forma genera un alto nivel de motivación y participación durante el desarrollo del contenido temático, esto impacta significativamente en el desempeño académico de los educandos autoaprendizaje.

Consecuentemente con lo anterior se ratifica la posición del autor, con respecto a que el uso de laboratorios virtuales, promueve la adquisición de habilidades prácticas, las cuales son una parte muy importante dentro de los

resultados del aprendizaje en cualquier nivel educativo, situación enfatizada dentro de las pautas de acreditación dada por varios organismos encargados de este tipo de certificaciones, debemos recordar que a pesar que la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos), ha expresado en varias ocasiones que Colombia es uno de los países con menor cobertura de internet dentro de todos sus miembros con un 60,5 % de excluidos, sin embargo, se vienen dando avances significativos al respecto. De esta manera, al mejorar los porcentajes de la cobertura de internet, garantizaría el logro efectivo de en búsqueda de la una mejor inclusión lo cual resulta ser un logro particularmente desafiante.

De igual importancia se concluye que, la utilización de simulaciones y experimentos de laboratorio virtual permiten a los estudiantes comprender de forma armónica el contenido curricular de la asignatura, logrando con esto que los educandos evidencien sus habilidades con dominio, iniciativa, coherencia y mejora dentro y fuera del salón de clases y, especialmente, en las pruebas externas cuando las realice.

Resulta también relevante, las relaciones entre las variables y el impacto potencial en la operación de la plataforma experimental antes de llevar a cabo físicamente un experimento en un laboratorio dentro de un espacio mucho más amplio y con cronograma reducido. Si bien el número especial sobre digitalización destaca las nuevas herramientas que se están desarrollando en esta área (por ejemplo, la realidad virtual y aumentada), ya existen herramientas probadas en la educación en el área de la química para la transmisión de habilidades prácticas, simulaciones y metodologías activas que mejoran la experiencia de aprendizaje de los estudiantes. Finalmente, es importante destacar que dentro de la secuencia didáctica de la asignatura de química los laboratorios virtuales intervienen en el momento práctico, cuando se van afianzar las temáticas expuestas de forma teórica, es allí donde se proporciona un conocimiento más verídico, auténtico y significativo de la disciplina científica química.

Referencias

Abouelenein, Y. A. M., Selim, S. A. S., & Elmaadaway, M. A. N. (2024). Impact of a virtual chemistry lab in chemistry teaching on scientific practices and digital competence for pre-service science teachers. *Education and Information Technologies*, 29(3), 2805-2840.

<https://doi.org/10.1007/s10639-023-11918-y>

Ali, N., Ullah, S., Khan, D., Rahman, H., & Alam, A. (2024). The effect of adaptive aids on different levels of students' performance in a virtual reality chemistry laboratory. *Education and Information Technologies*, 29, 3113-3132.

<https://doi.org/10.1007/s10639-023-11897-0>

Altarawneh, M. (2024). Virtual undergraduate chemical engineering labs based on density functional theory calculations. *Chemistry Teacher International*, 6(1).5-17.

<https://doi.org/10.1515/cti-2022-0054>

Ahmady Falah, S. A. A., Farjr, R., & Aqa Sadat, S. A. (2024). Effects of Virtual and Augmented Reality in Chemistry Education: Systematic Literature Review. *Technology*, 7(1). 221-239.

https://www.researchgate.net/publication/377925757_Effects_of_Virtual_and_Augmented_Reality_in_Chemistry_Education_Systematic_Literature_Review

Ayu Anom, A. I., Putra Manuaba, I. B., Ketut, D. I., & Yusuf, M. (2024). Virtual Laboratory and Self-Efficacy in Optimizing Problem-Solving Skills: A Case in Applied Chemistry Learning in Vocational College. *JTP-Jurnal Teknologi Pendidikan*, 26(1), 171-182.

<https://doi.org/10.21009/jtp.v26i1.39559>

Batista Zaldívar, M. A., Giler Intriago, S. N., Luzardo Gorozabel, B. P., Sacoto Palacio, G. L., Lucas Pachay, P. V., Falconí Vélez, M. A., & Ruperti-Montesdeoca, J. P.

- (2024). Didactic strategy for the virtual experimental teaching of chemistry. *AIP Conference Proceedings*, 35(3), 20-37. <https://doi.org/10.1063/5.0187702>
- Carrasquero Ferrer, S. J., & Vaca Suárez, G. (2024). Uso de la realidad virtual para la enseñanza de macromoléculas en estudiantes de Química a nivel universitario. *Conrado*, 20(96), 68-76. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442024000100068&lng=es&tlng=es.
- Caniago, F. N., & Zainul, R. (2024). Analysis of Virtual Laboratory Technology and Serious Game Concept in Chemistry Learning: A Pre-development Study. *CHEMISTRY SMART*, 3(1), 9-16. <https://journals.kipii.org/index.php/KIM-SMART/article/view/405>
- Chen, C. M., Li, M. C., & Tu, C. C. (2024). A Mixed Reality-Based Chemistry Experiment Learning System to Facilitate Chemical Laboratory Safety Education. *Journal of Science Education and Technology*, 33, 1-21. <https://doi.org/10.1007/s10956-024-10101-3>
- Chonillo-Sislema, L., Heredia-Gavin, D., Chayña-Apaza, J., Ramos-Pineda, Z., & Sánchez-Solórzano, J. (2024). Dificultades en el aprendizaje de química en el bachillerato, desde la opinión del alumnado y algunas alternativas para superarlas. *Revista Innova Educación*, 6(1), 71-88. https://www.researchgate.net/publication/378902896_Dificultades_en_el_aprendizaje_de_quimica_en_el_bachillerato_desde_la_opinion_del_alumnado_y_algunas_alternativas_para_superarlas
- Carvajal Tobón, J. E. (2024). Implementación de laboratorios virtuales, como estrategia didáctica para fortalecer la competencia argumentativa en ciencias naturales, grado sexto. *Revista Interamericana De Investigación Educación Y*

- Pedagogía RIIEP, 17(1), 205-237.
<https://doi.org/10.15332/25005421.9486>
- Hai-Jew, S. (2024). Getting started with augmented reality (AR) in inclusive online teaching and learning in higher education: An extended environmental scan for pedagogical design leads. *Navigating Virtual Worlds and the Metaverse for Enhanced E-Learning*. 20-83.
<https://doi.org/10.4018/979-8-3693-1034-2.ch003>
- Lopes, R. M., Marciel Braga, L. A., Rosa Serrão, A. S., Amara Teixeira, L. D., Waltz Comarú, M., de Souza, R. A., Magalhães de Souza, C. A., & Batista Mota, F. (2024). Virtual Reality to Teach Students in Laboratories: A Bibliometric and Network Analysis. *Journal of Chemical Education*.
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00925>
- López Santiago, N. R. (2024). Gamificación para química analítica: un cuarto de escape digital. *Educación Química*, 35(2), 187-195.
<https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2024.2.86355>
- Martínez Pinto, C. (2024). Diversity, Equity, and Inclusion in Practice: Responsible AI Use Cases from Latin America and the Caribbean. *Social Innovations Journal*, 23.
<https://socialinnovationsjournal.com/index.php/sij/article/view/7117>
- Putra, A. S., & Zainul, R. (2024). Serious Games in Science Education: A Review of Virtual Laboratory Development for Indicator of Acid-Base Solution Concepts. *CHEMISTRY SMART*, 3(1), 1-8.
- Rahman, H., Wahid, S. A., Ahmad, F., & Ali, N. (2024). Game-based learning in metaverse: Virtual chemistry classroom for chemical bonding for remote education. *Education and Information Technologies*, 1-25.

<https://doi.org/10.1007/s10639-024-12575-5>

<https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.147698>

Sanzana, M. R., Abdulrazic, M. O. M., Wong, J. Y., Karunagharan, J. K., & Chia, J. (2024). Gamified virtual labs: shifting from physical environments for low-risk interactive learning. *Journal of Applied Research in Higher Education*, 16(1), 208-221. <https://doi.org/10.1108/JARHE-09-2022-0281>

Yáñez Romero, M. E. (2024). Integración efectiva de las TIC en la enseñanza de química: estrategias innovadoras para la docencia universitaria. *Revista Social Fronteriza*, 4(2), 1-25, [https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4\(2\)181](https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4(2)181)

Zadeh Fard, A. M., Kirchner, M., Blockmans, B., Arts, W., Sels, B. Pluymers, B., Desment, W. & Naets, F. (2024). Real-time multi-physical system identification and virtual sensing for a lab-scale chemical stirred tank using parallel estimators. *Chemical Engineering Journal*, 479, 147698.