Laboratorios virtuales en la enseñanza de química

Claudia Marcela Ramírez Anzola.

Resumen

Los laboratorios virtuales en tiempos de la pandemia de la COVID-19 avanzaron en la consolidación de una forma de abordar la actividad experimental. El objetivo de este documento es, a partir de una revisión bibliográfica, mostrar la conceptualización de los laboratorios virtuales como una forma de organizar las actividades de docencia en el laboratorio de química. Para ello, se aborda un diseño metodológico cualitativo - bibliográfico en donde se clasificaron documentos hallados en diferentes repositorios de acuerdo con ítems pertinentes al trabajo docente con laboratorios virtuales de química. Como hallazgos de esta investigación, se encuentran dificultades en la incorporación de los laboratorios virtuales de química en las actividades de docencia y ventajas reportadas en la incorporación de la virtualidad en las actividades de laboratorio. A manera de conclusión, los laboratorios virtuales de química tienen potencialidades para la enseñanza de la química y su implementación demanda varios retos por parte del profesorado.

Palabras clave: Laboratorios virtuales de química, experimental, docencia, química, dificultades, potencialidades, implementación.

Abstract

Virtual laboratories during the COVID-19 pandemic have advanced the consolidation of a way of approaching experimental activity. The objective of this document, based on a bibliographic review, is to show the conceptualization of virtual laboratories as a way of organizing teaching activities in the chemistry laboratory. To this end, a qualitative bibliographic methodological design is undertaken, in which documents found in different repositories were classified according to items relevant to teaching work with virtual chemistry laboratories. The findings of this research indicate difficulties in incorporating virtual chemistry laboratories into teaching activities and advantages reported in incorporating virtuality into laboratory activities. In conclusion, virtual chemistry laboratories have potential for teaching chemistry, and their implementation requires several challenges for teachers.

Keywords: Virtual chemistry laboratories, experimental, teaching, chemistry, challenges, potential, implementation.

Introducción

La presente ponencia, es el resultado de la revisión de antecedentes de una investigación en curso en el marco de la Maestría en Educación en Tecnología de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Esta investigación, es realizada en la ciudad de Bogotá con estudiantes de educación media de un colegio naturaleza pública ubicada en un sector popular. La institución no cuenta con material de laboratorio de química para la actividad docente. Los laboratorios virtuales emergen como una posibilidad que mitiga la ausencia de un laboratorio de química.

Este escrito se centra en la siguiente pregunta: ¿De qué manera se han conceptualizado los laboratorios virtuales como estrategia para la realización de las actividades de docencia en el laboratorio de química?

Se realiza una revisión de antecedentes utilizando palabras claves en los buscadores y repositorios. Las fuentes de información utilizadas reposan en bases de datos especializadas tales como: Scopus, ResearchGate, Redalyc, Google Scholar, ACS Publications, Scielo, Dialnet entre otros repositorios de universidades en Latinoamérica y España. Adicionalmente, se revisan tesis de maestría, tesis de doctorado, artículos de revista y monografías los cuales son seleccionados teniendo en cuenta la relación con la pregunta a resolver.

Una vez aplicados los criterios de selección, quedaron 22 artículos publicados entre el 2015 y el 2023. Los documentos corresponden con investigaciones relacionadas con las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en tópicos relacionados con la química, Laboratorios Virtuales de Química (LVQ) en la educación, metodologías para la implementación de estos laboratorios virtuales en entornos escolares de media básica y universidad, ventajas y desventajas de los laboratorios virtuales y recomendaciones para la selección de LVQ.

Este apartado presenta varios aspectos cruciales para comprender y mejorar la educación en química a través de los Laboratorios Virtuales de Química. Los temas abordados incluyen la población objetivo y los desafíos en el aprendizaje, la implementación de las Tecnologías de la Información y Comunicación en la educación, el uso de LVQ, su incorporación en el proceso educativo y los métodos de evaluación aplicados.

Población

En el proceso de recolección de antecedentes, se puede evidenciar variedad de trabajos relacionados con LVQ aplicados en contextos universitarios (Aguilar, 2020; Quije, 2021; Dunnagan et al., 2020; Fiad & Galarza, 2015; Lafuente & Colombo Migliorero, 2018; Marín-Sánchez et al., 2017; Tirado et al., 2021) y educación media (Alvarez et al., 2021; Cardona, 2018; García, 2016; Göller, 2012; Haimovich et al., 2022;

Major et al., 2022; Mena, 2021; Morales, 2015; Rumbo, 2022; Serrano, 2018; Su & Cheng, 2019). La mayor frecuencia en los trabajos está en la educación media. En la educación superior, los LVQ son empleados en primeros semestres en asignaturas como química general y química I (Fiad & Galarza, 2015).

En las poblaciones a investigar se realizan caracterizaciones de estudiantes de primer año y se encuentran grupos heterogéneos y numerosos. Se evidencia que los estudiantes no cuentan con bases sólidas a nivel

matemático y bases débiles en cuanto a hábitos de estudio, falta de motivación, lo cual conduce a una conducta de temor del estudiante en el momento de interactuar con material de laboratorio (Marín-Sánchez et al., 2017).

Problemas en el aprendizaje de las ciencias

La apropiación de conceptos científicos presenta problemas en el aprendizaje por confusiones en la concepción científico-macroscópica y científico-microscópica por lo, se estima, que el componente práctico es fundamental en el desarrollo de habilidades cognitivas facilitando la comprensión de nuevos conocimientos (Reyes-Cárdenas et al., 2021).

En los programas de pregrado en ciencias, se observa que la deserción de los estudiantes de los primeros semestres oscila entre un 20% y 40% debido a dificultades que en la comprensión y abstracción de diferentes representaciones de ciencias, las que al parecer se mitigan con las prácticas de laboratorio (Fiad & Galarza, 2015).

Lafuente, et al. (2018), evidencian que el aumento en la cantidad de estudiantes inscritos en un curso implica dificultades en el aprendizaje ya que, las instituciones no cuentan con espacios o material suficiente para la práctica experimental, lo anterior también queda en evidencia cuando no se cuenta con una cantidad suficiente de docentes que puedan suplir esas necesidades educativas.

Implementación de las TIC en la educación.

Las TIC evolucionan y son implementadas en la educación desde hace varios años, el desarrollo de la tecnología ha significado un gran apoyo para los docentes a la hora de complementar la enseñanza. En la docencia de la química, desde los modelos atómicos físicos tridimensionales, pasando por la enseñanza en modalidad a distancia por radio; el uso de proyectores de acetatos, películas, grabadoras de audio, televisión, entre otros han sido utilizados en diferentes partes del mundo (García, 2016).

El avance de la tecnología a través de diferentes artefactos y modos de comunicación en el campo de la educación ha propiciado el enriquecimiento de las diferentes modalidades y metodologías en las que está organizado el sistema educativo. Dichos avances han posibilitado accesibilidad y flexibilidad para los espacios y los tiempos necesarios en la educación.

Fiad & Galarza (2015), dentro de su investigación encuentran que las capacidades intelectuales, en conjunto con la motivación, pueden impulsar la comprensión de las asignaturas. Las estrategias implementadas, los intereses y preferencias de los estudiantes, son tenidas en consideración para la creación de nuevos recursos educativos con la idea de generar un interés genuino en el aprendizaje.

Esta motivación la logran las herramientas digitales, ya que son entornos dinámicos y visualmente agradables para ellos. La gamificación (Serrano, 2018) y los juegos de realidad virtual (Su & Cheng, 2019), han sido aplicados como métodos para enseñar y motivar a los estudiantes evidenciando buenos resultados en su aplicación. El estudiante es el protagonista en su aprendizaje y a través de resolución de problemas y retos logra afianzar conceptos.

Haimovich, et al. (2022) implementan *escape rooms* para la enseñanza de la química, Urquizo & Sánchez

(2022) emplean simuladores; en ambos casos encuentran que la implementación de las TIC logra reducir el impacto ambiental ya que, no se generan desechos químicos de las actividades virtuales. De manera adicional, el uso de las TIC ahorra costos en materiales y reactivos.

Tirado, et al. (2021), resalta la importancia de buscar alternativas a los laboratorios en espacios físicos, Aquije (2021) y Major et al. (2022) mencionan la importancia de los cambios en la enseñanza que se obtienen con la implementación de herramientas virtuales. Lo anterior, al parecer es evidencia de que la pandemia debido a la COVID- 19 forzó que las herramientas virtuales complementaran los laboratorios en ciencias y propició un escenario para el incremento de investigaciones que incorporan las TIC en la enseñanza de la química.

Laboratorios virtuales de química

La asignatura de química hace parte de los currículos de la educación media y de algunas carreras universitarias. Las TIC posibilitan acercar a los estudiantes a la enseñanza y comprensión de los tópicos de la química. Los LVQ generan entornos con alguna libertad en el tiempo y espacio, configurándose en una alternativa para el trabajo grupal o individual.

Partiendo de lo anterior, estas herramientas cuentan con la característica de que las prácticas realizadas pueden replicarse más de una vez y el estudiante estará en un entorno protegido, ya que, no manipularán sustancias o equipos en la vida real (Cardona, 2018).

Serrano (2018), describe los laboratorios virtuales como plataformas interactivas, las cuales logran ajustarse a los diversos modos de aprendizaje. García (2016), agrega que los LVQ brindan herramientas de base y saberes previos para el trabajo presencial en el laboratorio.

El uso de los LVQ permite la generación de conocimiento a través de la comprobación de hipótesis, la observación y el testeo, como en un laboratorio real (Aliyu & Talib, 2019).

Implementación de los laboratorios virtuales en la educación

La implementación de los LVQ en las instituciones educativas ha sido un gran desafío considerando que el desarrollo de las nuevas tecnologías es constante y el número de herramientas aumenta con el tiempo. García (2016) y Alvarez, et al. (2021), realizan una implementación teórico – práctica con contenidos basados en los contextos de los estudiantes para alcanzar una mejor comprensión. Cardona (2018), basado en el constructivismo, como modelo de aprendizaje, implementa un LVQ en el que los estudiantes son quienes adaptan los recursos brindados a sus necesidades de aprendizaje.

Lafuente, et al. (2018), realizan una presentación del laboratorio en donde se explica el software y su modo de manejo, esto con el fin de que el estudiante se familiarice con la herramienta antes de utilizarla. Su, et al. (2019) generan guías de laboratorio para el uso de los laboratorios virtuales, el estudiante tiene acceso a la herramienta en cualquier momento y se promueve el trabajo colaborativo por medio de una herramienta de realidad virtual.

Para la implementación de los LVQ, en las investigaciones, se señala que la organización y diseño de los contenidos es fundamental para definir la tecnología adecuada; lo anterior en complemento a las actividades que el profesorado debe adelantar (Fiad & Galarza, 2015).

Métodos de evaluación

Se encuentran diferentes métodos de evaluación, desde los que ya vienen configurados en los LVQ (Su & Cheng, 2019), hasta métodos de evaluación más tradicionales como la observación del docente en la práctica (Lafuente & Colombo Migliorero, 2018).

Mena (2021) reúne los datos obtenidos del ordenados y ejecuta medio estadísticos para la comprobación del aprendizaje; Haimovich, et al. (2022) realizan un análisis de la información suministrada por la plataforma y efectuaron retroalimentaciones a los estudiantes de acuerdo con lo evidenciado.

Aportes o discusión

Los LVQ pueden agrupar simuladores, objetos virtuales de aprendizaje, entornos virtuales de aprendizaje, ambientes virtuales de aprendizaje, juegos de realidad virtual, plataformas, programas de computador, programas creados desde cero por los investigadores, entre otros. Por lo cual, no hay una definición exacta sobre esta herramienta tecnológica. Sin embargo, los aportes, desventajas, implementación y resultados de las investigaciones indagadas son similares independiente del tipo de laboratorio virtual que se emplee.

Riaño y Palomino (2015), (Morales, 2015) y Aguilar (2020), consideran necesario utilizar un método para la selección de laboratorios virtuales; establecen como atributos la funcionalidad, fiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad y portabilidad. Adicionalmente, señalan algunos aspectos técnicos, psicopedagógicos y comunicacionales que deben tenerse en cuenta al momento de seleccionar e implementar un laboratorio virtual.

Con la implementación de los laboratorios virtuales en la educación, los estudiantes ven de una manera más interesante el proceso de aprendizaje (Cardona, 2018), ayudan en los procesos de agilización de la enseñanza y refuerzo de conceptos (Marín- Sánchez et al., 2017). Esta implementación puede acompañarse de guías de laboratorio las cuales acompañan al estudiante en el proceso de práctica con el laboratorio (Dunnagan et al., 2020; Tirado et al., 2021).

García (2016), C. Marín et al. (2020) y Dunnagan et al. (2020), evidencian que los laboratorios virtuales de química representan mejorías en lo aprendizajes de la química con respecto a la práctica presencial, sin embargo los porcentajes no son muy lejanos.

García (2016), Aquije (2021) y Reyes et al. (2021) realizan un trabajo de investigación con docentes en donde se indagan las estrategias metodológicas usadas para la enseñanza de la química en entornos virtuales, las ventajas y desventajas que presenta la utilización de estos laboratorios virtuales.

A continuación, se enlistan las ventajas y desventajas más notables en la bibliografía consultada:

Desventajas de la implementación de los LVQ en la educación

- Aplicación limitada de temas, algunos LVQ están enfocados en un solo tema.

- Se requiere conexión a internet, algunos LVQ funcionan con conexión a internet otros bastan con descargarlos.
- Recursos económicos, algunos softwares requieren licencias que tienen un valor económico.
- Se requiere de un ordenador.
- Actitudes negativas del profesorado para el uso de esas herramientas, algunos docentes no logran adaptarse a las nuevas tecnologías.
- Insuficiente preparación de los docentes, algunos docentes no conocen los LVQ y no tienen conocimiento sobre su uso.
- No sustituye la experiencia de un laboratorio real, errores de medida, sensaciones como olor y texturas no se evidencian en la virtualidad.
- No todos los LVQ son intuitivos

Ventajas de la implementación de los LVQ en la educación

- Dinámicos, intuitivos e interactivos.
- Favorecen la toma de decisiones y el aprendizaje autónomo.
- Los estudiantes no corren riesgos, se encuentran en un entorno protegido.
- Los datos de las practicas se almacenan en los ordenadores y es más fácil su sistematización.
- Promueven el aprendizaje autónomo.
- Preservan el medio ambiente ya que no hay generación de residuos.
- Es posible realizar trabajo individual, grupal o colaborativo.
- Es reproducible una gran cantidad de veces.
- Puede usarse en la casa o en el colegio.
- Por sus características visuales atrae la atención de los estudiantes.
- Aumenta la motivación de los estudiantes ya que son cercanos a la tecnología.
- Mejora las destrezas en el uso de las TIC.

Es posible tener en cuenta los diferentes ritmos de aprendizaje de los estudiantes.

Conclusiones:

- Los estudiantes muestran actitudes positivas frente al proceso de aprendizaje desarrollando habilidades cognitivas con el uso de los simuladores, promoviendo la comprensión y apropiación de conceptos.
- Los laboratorios virtuales son un complemento en el proceso de enseñanza- aprendizaje en ciencias ya que tienen la característica de motivar al estudiante facilitando el aprendizaje de conceptos que no pueden ser comprendidos en clases magistrales.
- Estas herramientas pueden ser utilizadas en contextos escolares para mitigar riesgos, mejorar la seguridad en las actividades de laboratorio de química antes de ir a los laboratorios de docencia.
- Los LVQ son una posibilidad para el docente cuando las instituciones no cuentan con la infraestructura

y los requerimientos exigidos por la normatividad.

Referencias bibliográficas

- Aguilar, L. (2020). *Incorporación de ambientes virtuales de aprendizaje en química [BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA]*.
<https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/f23777ae-ef02-4404-bb78-24a83bacf35f/conten>.
- Aliyu, F., & Talib, C. A. (2019). *Virtual chemistry laboratory: A panacea to problems of conducting chemistry practical at science secondary schools in Nigeria*. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 8(5), 544–549. <https://doi.org/10.35940/ijeat.E1079.0585C19>
- Alvarez, E., Alexandra, B., Joven, M., & Salazar, S. (2021). *Usos de Laboratorios Virtuales Para la Enseñanza-Aprendizaje de la Química y Física*. In *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*.
<https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/15170/9972>
- Aquije, E. (2021). *Estrategias metodológicas virtuales de enseñanza de la química en educación superior no universitaria (Issue October 2013) [Universidad César Vallejo]*.
<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3000/SilvaAcosta.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttps://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/1046>
- Cardona, R. (2018). *Efectividad del uso de los laboratorios virtuales en la enseñanza y aprendizaje del concepto materia y sus propiedades [Universidad Nacional de Colombia]*.
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/68642>
- Dunnagan, C. L., Dannenberg, D. A., Cuares, M. P., Earnest, A. D., Gurnsey, R. M., & Gallardo-Williams, M. T. (2020). *Production and Evaluation of a Realistic Immersive Virtual Reality Organic Chemistry Laboratory Experience: Infrared Spectroscopy*. *Journal of Chemical Education*, 97(1), 258–262.
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00705>
- Fiad, S. B., & Galarza, O. D. (2015). *El laboratorio virtual como estrategia para el proceso de enseñanza-aprendizaje del concepto de mol*. *Formacion Universitaria*, 8(4), 3–14. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062015000400002>
- García, H. (2016). *Uso de los laboratorios virtuales para la enseñanza-aprendizaje del concepto materia y sus propiedades en estudiantes de grado noveno [Universidad Nacional de Colombia]*.
<http://bdigital.unal.edu.co/56591/1/10130019.2016.pdf>
- Göller, R. (2012). EDUCACIÓN VIRTUAL O VIRTUALIDAD DE LA EDUCACIÓN.

Revista Historia de La Educación Latinoamericana No 16, 14(19), 137–150.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.9757/Rhela.19.06>

Haimovich, I., Yayon, M., Adler, V., Levy, H., Blonder, R., & Rap, S. (2022). “The Masked Scientist”: Designing a Virtual Chemical Escape Room. *Journal of Chemical Education*, 99(10), 3502–3509.
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00597>

Lafuente, M. L., & Colombo Migliorero, M. B. (2018). Implementación del Laboratorio Virtual como complemento de los trabajos prácticos en cátedras del Área Química Orgánica. *Memorias de Las II Jornadas Sobre Las Prácticas Docentes En La Universidad Pública*, 918–932.
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/80931>

Major, S., Hubálovská, M., & Loskot, R. (2022). Alternative Forms of Laboratory Teaching during the Lockdown Period Caused by the COVID-19 Pandemic. *International Journal of Information and Education Technology*, 12(11), 1137– 1147. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2022.12.11.1731>

Marín-Sánchez, L., Marín-Ortíz, C., & Ospina-Álvarez, J. (2017). Laboratorio virtual de química: una experiencia de diseño interdisciplinar *. *Revista Virtual Universidad Católica Del Norte*, 1(51), 98–110. <http://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/845/1363>

Marín, C., Vallejo, R., Castro, G., Mendoza, Q., Castro, M. G., & Mendoza, C. Q. (2020). Innovación y tecnología educativa en el contexto actual latinoamericano / Innovation and Educational Technology in the current Latin American context. *Revista de Ciencias Sociales*, 26.
<https://doi.org/10.31876/res.v26i0.34139>

Mena, E. (2021). *Chemlab y Modellus como herramienta de simulación de laboratorio virtual en química y física* [Universidad Tecnológica de Indoamérica]. <http://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/2847>

Morales, C. (2015). *Los laboratorios virtuales como una estrategia para la enseñanza - aprendizaje del concepto de cambio químico en los estudiantes de grado octavo de la Institución Educativa Marco Fidel Suárez de la dorada caldas* [UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA].
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/53936>

Reyes-Cárdenas, F., Ruiz-Herrera, B., Llano Lomas, M., Lechuga Uribe, P., & Mena Zepeda, M. (2021). El aprendizaje de la reacción química: el uso de modelos en el laboratorio. *Enseñanza de Las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 39(2), 103–122.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3229>

Reyes, Y., Hernández, L., Martínez, Y., & Valhuerdi, J. (2021). Preparación del docente para la integración

del laboratorio virtual con el laboratorio químico escolar. *Serie Científica de La Universidad de Las Ciencias Informáticas*, 14(1), 131–145. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8590395.pdf>

Riaño, C. E., & Palomino, M. (2015). Design and preparation of a questionnaire according to Delphi method to select virtual laboratories (VL). *Sophia*, 11(2), 129– 141.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1794-89322015000200003&script=sci_arttext&tlng=es%5Cnhttp://www.scielo.org.co/pdf/sph/v11n2/v11n2a02.pdf

Rumbo, S. (2022). *Evaluación del Proceso Enseñanza–Aprendizaje de Enlace Químico Mediado por un Simulador de Laboratorio en una Institución Educativa del Municipio de la Paz- Cesar-Colombia [Tesis de Maestría]* [Universidad Santo Tomás].

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/45825/2022sandrarumbo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Serrano, J. (2018). Aprender física y química “jugando” con laboratorios virtuales. *Anales de Química*, 114(1), 40–41.

<http://www.analesdequimica.es/index.php/AnalesQuimica/article/view/1021/0>

Su, C. H., & Cheng, T. W. (2019). A sustainability innovation experiential learning model for virtual reality chemistry laboratory: An empirical study with PLS-SEM and IPMA. *Sustainability (Switzerland)*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/su11041027>

Tirado, S., Vázquez, A. M., & Toledano, R. M. (2021). Virtual Teaching or e-Learning as a Solution to the Teaching of Physics and Chemistry of Future Teachers in times of COVID-19. *Revista Espanola de Educacion Comparada*, 38(38), 190–210. <https://doi.org/10.5944/REEC.38.2021.28853>

Urquizo, E., & Sánchez, N. (2022). Experimental Activities Using Virtual Simulators To Learn Chemistry During Covid-19 Pandemic Tt - Actividades Experimentales Utilizando Simuladores Virtuales Para El Aprendizaje De Química En Tiempos De Pandemia Por Covid-19. *Revista de Ciencias Sociales y Humanidades CHAKIÑAN*, 2022, 122–137.

file:///sciELO.php?script=sci_arttext&pid=https://preprints.sciELO.org/index.php/sciELO/preprint/view/3668&lang=es