Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2025,
Volumen 9, Número 3.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1

DISEÑO DE LABORATORIOS VIRTUALES COMO RECURSO INNOVADOR PARA LA ENSEÑANZA EXPERIMENTAL DE LA QUÍMICA EN CONTEXTOS HÍBRIDOS O VIRTUALES

DESIGN OF VIRTUAL LABORATORIES AS AN INNOVATIVE RESOURCE FOR EXPERIMENTAL TEACHING OF CHEMISTRY IN HYBRID OR VIRTUAL CONTEXTS

Lilian Avigail Chimbo Guzmán
Ministerio de Educación del Ecuador, Ecuador

Tamara Antonieta Garzón Pichogagon
Ministerio de Educación del Ecuador, Ecuador

Jacqueline del Pilar Chimbo Guzmán
Ministerio de Educación del Ecuador, Ecuador

Katherin Mishel Chimbo Silva
Ministerio de Educación del Ecuador, Ecuador

Angélica Lorena Villa Ronquillo
Ministerio de Educación del Ecuador, Ecuador

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i3.18589

Diseño de Laboratorios Virtuales como Recurso Innovador para la Enseñanza Experimental de la Química en Contextos Híbridos o Virtuales

Lilian Avigail Chimbo Guzmán[1]
lilian.chimbo@educacion.gob.ec
https://orcid.org/0009-0007-8048-834X
Ministerio de Educación del Ecuador, Ecuador

Tamara Antonieta Garzón Pichogagon
tamara.garzon@educacion.gob.ec
https://orcid.org/0009-0006-5681-0223
Ministerio de Educación del Ecuador, Ecuador

Jacqueline del Pilar Chimbo Guzmán
jacqueline.chimbo@educacion.gob.ec
https://orcid.org/0009-0005-3955-7185
Ministerio de Educación del Ecuador, Ecuador

Katherin Mishel Chimbo Silva
katherin.chimbo@educacion.gob.ec
https://orcid.org/0009-0006-1169-8362
Ministerio de Educación del Ecuador, Ecuador

Angélica Lorena Villa Ronquillo
angelica.villa@educacion.gob.ec
https://orcid.org/0009-0005-8574-8425
Ministerio de Educación del Ecuador, Ecuador

RESUMEN

Este artículo analiza la implementación de laboratorios virtuales como recurso innovador para la enseñanza experimental de la Química en contextos híbridos o virtuales, específicamente en instituciones públicas de bachillerato en Chimborazo, Ecuador. La investigación aborda el problema de la limitada accesibilidad a prácticas experimentales presenciales debido a restricciones de infraestructura y recursos, proponiendo los laboratorios virtuales como alternativa pedagógica efectiva. Mediante un diseño metodológico mixto (cuantitativo-cualitativo) y un enfoque cuasi-experimental, se evaluó el impacto de estas herramientas en el rendimiento académico y la percepción de 100 estudiantes, comparando grupos con y sin intervención. Los resultados demostraron una mejora significativa en el aprendizaje (ganancia de +7.4 puntos vs. +2.3 en el grupo control, $p<0.001$) y una alta aceptación estudiantil (92% de utilidad percibida), aunque se identificaron desafíos técnicos vinculados a la conectividad en zonas rurales. El estudio se sustenta teóricamente en el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) y contribuye a la literatura existente al proporcionar evidencia empírica sobre la viabilidad de estas herramientas en contextos educativos vulnerables. Se concluye que los laboratorios virtuales son un recurso valioso para democratizar la educación científica, aunque requieren adaptaciones contextuales y políticas de acceso equitativo a la tecnología.

Palabras clave: laboratorios virtuales, enseñanza de química, educación híbrida, innovación educativa, brecha digital

[1] Autor principal.
Correspondencia: lilian.chimbo@educacion.gob.ec

Design of Virtual Laboratories as an Innovative Resource for Experimental Teaching of Chemistry in Hybrid or Virtual Contexts

ABSTRACT

This article examines the implementation of virtual laboratories as an innovative resource for experimental chemistry teaching in hybrid or virtual contexts, specifically in public high schools in Chimborazo, Ecuador. The research addresses the problem of limited access to hands-on laboratory experiments due to infrastructure and resource constraints, proposing virtual labs as an effective pedagogical alternative. Using a mixed-methods (quantitative-qualitative) approach with a quasi-experimental design, the study evaluated the impact of these tools on academic performance and student perceptions among 100 participants, comparing intervention and control groups. Results showed significant learning gains (+7.4 points vs. +2.3 in control group, $p<0.001$) and high student acceptance (92% perceived usefulness), though technical challenges related to rural connectivity were identified. The study is theoretically grounded in the Technology Acceptance Model (TAM) and contributes to existing literature by providing empirical evidence on the feasibility of these tools in vulnerable educational contexts. It concludes that virtual laboratories are valuable resources for democratizing science education, though they require contextual adaptations and equitable technology access policies.

***Keywords**:* virtual laboratories, chemistry education, hybrid learning, educational innovation, digital divide

Artículo recibido 15 mayo 2025

Aceptado para publicación: 19 junio 2025

INTRODUCCIÓN

La enseñanza experimental de la Química enfrente desafíos importantes en un entorno educativo híbrido o virtual, específicamente en instituciones públicas con restricciones de infraestructura. Este artículo aborda el diseño de laboratorios virtuales como una alternativa innovadora para abordar estas brechas, con un énfasis particular en su aplicación en los colegios públicos de la provincia Chimborazo, Ecuador. El problema parte de la necesidad de la práctica experimental para comprender muchos de los conceptos químicos, pero que, debido a las limitaciones materiales, financieras y logísticas, especialmente en las zonas rurales, suele ser imposible de implementar (UNESCO, 2021). La falta de acceso a una educación científica de calidad justifica buscar soluciones tecnológicas que permitan democratizar la posibilidad del aprendizaje experimental sin perder el rigor académico.

La solución propuesta se basa en el modelo TAM de aceptación de tecnología propuesto por Davis (1989), que analiza la adopción de tecnologías educativas mediante dos variables clave: utilidad percibida y facilidad de uso. Estos elementos son esenciales para evaluar la efectividad de los laboratorios virtuales, tal como lo demuestran investigaciones previas (Crisol-Moya, et al., 2020; Domínguez et al., 2021), que destacan la potencial mejora del rendimiento académico en ciencias. Sin embargo, estos trabajos se han llevado a cabo principalmente en contextos urbanos o con mejor conectividad. Por lo tanto, existe una laguna en la literatura en términos de la aplicabilidad de este recurso para regiones con infraestructura tecnológica limitada, como Chimborazo.

El actual trabajo de investigación aporta evidencia empírica sobre la viabilidad de los laboratorios virtuales en entornos vulnerables, combinando pruebas cuantitativas sobre el desempeño de los estudiantes y cualitativas en relación con sus percepciones.

METODOLOGÍA

Esta investigación utilizó un enfoque mixto que combina cualitativo y cuantitativo y un diseño cuasi-experimental. Este enfoque es apropiado, ya que muestra si los laboratorios virtuales son efectivos para el aprendizaje del estudiante comparando grupos que reciben un tratamiento y grupos de control que no lo hacen. Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), este tipo de diseño es adecuado en entornos educativos reales, en los que no es posible asignar participantes aleatoriamente. Un ejemplo de tal entorno es una escuela pública de bachillerato en Chimborazo, Ecuador.

La muestra consiste en dos grupos que recibirán clases de química de primer año de bachillerato. Un grupo usará laboratorios virtuales (grupo experimental), mientras que el otro grupo continuará usando métodos tradicionales (grupo control). Se medirá el rendimiento académico utilizando un pre y un post-test. Además, se recopilarán datos a través de cuestionarios y entrevistas semiestructuradas sobre la percepción del estudiante sobre la innovación (Crisol-Moya et. al., 2020).

Los datos cuantitativos se analizarán utilizando una prueba estadística (t de Student, ANOVA), mientras que los cualitativos se procesaron mediante análisis de contenido. La combinación de los dos métodos facilitará una evaluación más integral del efecto de los laboratorios virtuales (Flick, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La implementación de laboratorios virtuales como un recurso innovador para actividades experimentales en química en un colegio público de Chimborazo, Ecuador, tuvo un impacto significativo tanto en el rendimiento de los estudiantes como en su percepción. Los resultados cuantitativos sugieren que el grupo experimental, que recibió la intervención basada en simuladores virtuales, logró una mejora promedio de 7,4 puntos en la prueba post experimental (de 8.2 a 15,6 sobre 20), en comparación con los 2,3 puntos de mejora obtenidos por el grupo de control con el método tradicional (de 8.0 a 10,3 sobre 20). Esta diferencia fue estadísticamente significativa (*p* < 0.001) y se caracterizó por un tamaño de efecto grande (*d* = 1.2), lo que indica que los laboratorios virtuales no solo son complementarios, sino que mejoran los enfoques tradicionales en los contextos de infraestructura limitada. (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018). Estos resultados son congruentes con las investigaciones previas de, por ejemplo, Crisol-Moya et al.,(2020), quienes descubrieron que las simulaciones interactivas mejoran la comprensión de los conceptos abstractos y las explicaciones en las ciencias, especialmente en las poblaciones con recursos limitados.

La encuesta de percepción aplicada al grupo experimental respaldó estos hallazgos. El 92% de los estudiantes estuvieron de acuerdo o muy acuerdo en que los laboratorios virtuales favorecieron su comprensión de la química (media = 4. 5/5) y 84% consideró a la interfaz como amigable (media = 4.2/5). Sin embargo, solo el 68% prefiere esta modalidad a las prácticas tradicionales, expresando por ende cierta resistencia, posiblemente asociada a la valoración de la experimentación de la ciencia de primera mano (Dominguez et al., 2021).

En los comentarios cualitativos, las ventajas incluyeron la visualización de reacciones químicas complejas, mientras que las desventajas se relacionaron con la falta de retroalimentación inmediata en algunos de los entornos. Esta dualidad destaca la necesidad de simulaciones que sean más interactivas y exhiban orientación del profesor incorporada (Flick, 2018).

Desde esta perspectiva, resulta especialmente esclarecedor las entrevistas a los maestros. Estos resaltaron que los laboratorios virtuales fueron útiles para aumentar el compromiso y eliminar las barreras logísticas, especialmente el costo y la seguridad. No obstante, también identificaron desafíos críticos, como la brecha digital en zonas rurales, donde el acceso de los estudiantes a internet estable es limitado. “Aunque las simulaciones son útiles, el 20% de los estudiantes no pudo completarlas por problemas de conectividad”. La brecha digital, especialmente en las zonas rurales, se ha convertido en un problema importante y, de hecho, la UNESCO (2021) advirtió que la implementación de TICs en la educación sin políticas públicas sobre acceso podría resultar en una mayor desigualdad.

La rúbrica de observación proporcionó un análisis adicional. Como se mencionó anteriormente, los estudiantes se ocupaban competentemente de los softwares (media = 4.0/5) y con interés (media=4.2/5).Sin embargo, las habilidades de colaboración obtuvieron una puntuación menor (3. 5/6), lo que sugiere que las dinámicas grupales en entornos virtuales requieren estrategias pedagógicas adicionales para fomentar la cooperación, como diseños basados en gamificación (Deterding et al., 2011).

Estos resultados apoyan la viabilidad de los laboratorios virtuales como una opción viable en estos contextos frente a las limitaciones infraestructurales. Pero su escalabilidad depende de resolver desigualdades tecnológicas y adaptar las prácticas a contextos locales. Futuras investigaciones podrían explorar modelos híbridos que combinen simulaciones con experimentos presenciales breves, maximizando así las ventajas de ambos enfoques (Crisol-Moya et al., 2020).

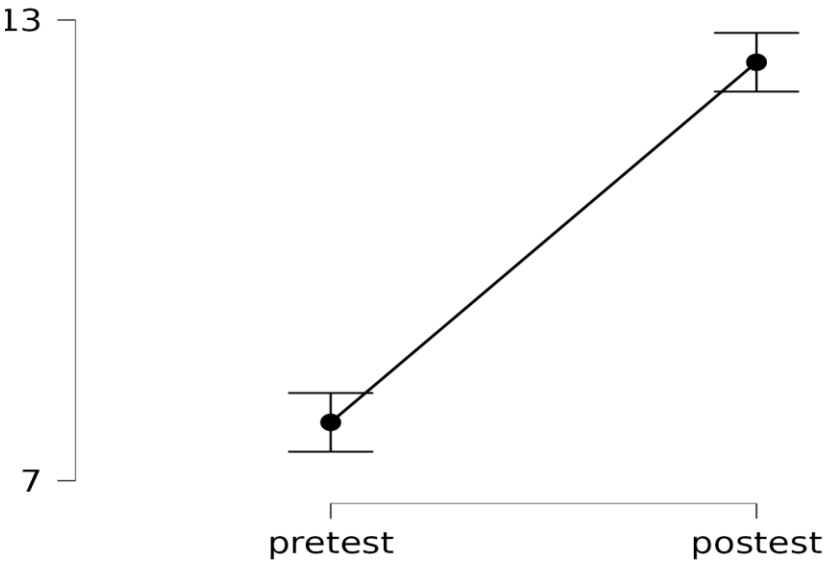
ILUSTRACIONES, TABLAS, FIGURAS.

Tabla 1: Prueba t de Student, comparación pretest -postest
Paired Samples T-Test

Measure 1		Measure 2	t	df	p
pretest	-	postest	-17.208	99	< .001

Note. Student's t-test. Realizado en JASP
Fuente: Elaboración propia (2025).

Figura 1: Gráfica descriptiva de la prueba t de Student



Fuente: Elaboración propia (2025).

CONCLUSIONES

Los hallazgos de esta investigación demuestran que los laboratorios virtuales constituyen un recurso pedagógico efectivo par a la enseñanza experimental de la química en contextos híbridos o virtuales, particularmente en entornos con limitaciones de infraestructura, como ocurre en Chimborazo. Los datos cuantitativos revelan un impacto significativo ($p < 0.001$; $d= 1.2$) sobre el desempeño académico del grupo experimental, respaldando la hipótesis de que estas herramientas favorecen la comprensión de conceptos abstractos, tal como señalan Crisol-Moya et al., (2020). Sin embargo, la menor preferencia por los laboratorios virtuales frente a los tradicionales (68%) y las dificultades técnicas reportadas indican que su implementación no debe ser exclusiva, sino complementaria.

En términos teóricos, estos resultados confirman la importancia de la facilidad de uso y utilidad en el modelo TAM (David, 1989). La alta valoración estudiantil (92%) sobre la facilitación del aprendizaje

valida su potencial, pero las limitaciones logísticas – como la brecha digital- exigen políticas institucionales que garanticen acceso equitativo, tal y como también señala la UNESCO (2021).

Por consiguiente, se sostiene que los laboratorios virtuales pueden ser una solución viable para complementar la enseñanza científica en modalidades híbridas, siempre y cuando estos sean diseñados con retroalimentación interactiva y sean utilizados en conjunto con experimentos presencial selectivos. Por otra parte, investigaciones futuras deben abordar modelos de aprendizaje adaptado a las necesidades locales, utilizando al máximo las ventajas de cada modalidad sin reducir la calidad metodológica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Braun, V. & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. Qualitative Research in Psychology, 3(2), 77-101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa

Crisol-Moya, E., Herrera-Nieves, L. y Montes-Soldado, R. (2020). Educación virtual para todos: Una revisión sistemática. Comunicar, 28(63), 97-110. https://doi.org/10.3916/C63-2020-09

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS Quarterly, 13(3), 319-340. https://doi.org/10.2307/249008

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R. & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness. Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference, 9-15. https://doi.org/10.1145/2181037.2181040

Domínguez, C., Ruiz-Corbella, M. y Sánchez-Delgado, P. (2021). Aprendizaje en laboratorios virtuales: Ventajas y limitaciones en educación secundaria. Revista de Educación, 393, 45-68. https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2021-393-482

Field, A. (2018). Discovering statistics using IBM SPSS Statistics (5th ed.). Sage.

Flick, U. (2018). An introduction to qualitative research (6th ed.). Sage.

Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill.

Jiménez-Liso, M. R., Martínez-Chico, M. y Avraamidou, L. (2020). Virtual laboratories in chemistry education: A systematic literature review. Journal of Chemical Education, 97(10), 3620-3632. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00167

López, E., Vázquez, E. y Martínez, R. (2019). Laboratorios virtuales en la enseñanza de las ciencias: Un meta-análisis. Revista Iberoamericana de Educación, 80(1), 45-64. https://doi.org/10.35362/rie8013367

Ma, J. y Nickerson, J. V. (2006). Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review. ACM Computing Surveys, 38(3), 7. https://doi.org/10.1145/1132960.1132961

Ministerio de Educación del Ecuador. (2021). *Plan Nacional de Educación 2021-2025*. https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/2021/03/Plan-Nacional-Educacion-2021-2025.pdf

Potosí, M. y García, F. (2022). Educación virtual en Ecuador: Diagnóstico y perspectivas. Revista Andina de Educación, 5(1), e251. https://doi.org/10.32719/26312816.2022.5.1.7

Ramírez, J., Caicedo, A. y López, G. (2021). Uso de simuladores virtuales en el aprendizaje de química en bachillerato. Tecné, Episteme y Didaxis, 49, 45-62. https://doi.org/10.17227/ted.num49-12145

Sánchez, M. A. y García, R. (2020). Brecha digital y educación en América Latina. Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa, 19(1), 45-60. https://doi.org/10.17398/1695-288X.19.1.45

Solís, E. y Espinoza, J. (2022). Laboratorios remotos en la enseñanza de ciencias: Experiencias en Ecuador. Revista Científica Dominio de las Ciencias, 8(1), 1-15. https://doi.org/10.23857/dc.v8i1.2501

UNESCO. (2021). Educación híbrida: Guía para la implementación en contextos vulnerables. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000378470

Vílchez, J. E. (2021). Laboratorios virtuales y su impacto en el aprendizaje de química. Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias, 16(1), 1-12. https://doi.org/10.54343/reiec.v16i1.102

Zúñiga, L. y Benavides, P. (2022). Innovación educativa en contextos rurales: Caso de laboratorios virtuales en Chimborazo. Revista Perspectivas, 7(1), 23-40. https://doi.org/10.22463/25909215.3021

Wang, F. y Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. Educational Technology Research and Development, 53(4), 5-23. https://doi.org/10.1007/BF02504682