



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2025,
Volumen 9, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2

**APROPIACIÓN DE CONOCIMIENTOS EN
COMPONENTES PRÁCTICOS DE LAS CIENCIAS
NATURALES POR MEDIO DE LABORATORIOS
VIRTUALES EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL
MUNICIPIO DE SAN ZENÓN, DEPARTAMENTO DEL
MAGDALENA, COLOMBIA**

KNOWLEDGE APPROPRIATION IN PRACTICAL COMPONENTS OF
NATURAL SCIENCES THROUGH VIRTUAL LABORATORIES IN
EDUCATIONAL INSTITUTIONS IN THE MUNICIPALITY OF SAN
ZENÓN, DEPARTMENT OF MAGDALENA, COLOMBIA

Larry Barraza Rodríguez
Investigador Independiente

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i4.19734

Apropiación de Conocimientos en Componentes Prácticos de las Ciencias Naturales por Medio de Laboratorios Virtuales en Instituciones Educativas del Municipio de San Zenón, Departamento del Magdalena, Colombia

Larry Barraza Rodríguez¹larry.barraza-r@up.ac.pa<https://orcid.org/0009-0005-3205-6724>

Investigador Independiente

RESUMEN

El presente artículo científico, basado en la tesis doctoral titulada “Apropiación de conocimientos en componentes prácticos de las ciencias naturales por medio de laboratorios virtuales en instituciones educativas del departamento del Magdalena”, analiza la implementación de laboratorios virtuales como estrategia metodológica para optimizar la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales. El estudio, enmarcado en el paradigma interpretativo con enfoque cualitativo y método interpretativo-comprensivo, explora en profundidad las experiencias y percepciones de estudiantes, docentes, coordinadores académicos y directivos de instituciones educativas del municipio de San Zenón, donde se evidencian desmotivación, apatía, bajo rendimiento y dificultades para articular teoría y práctica (Acosta, 2019; Layza et al., 2022). La investigación se justifica en la necesidad de superar las deficiencias detectadas en evaluaciones internacionales como PISA y TIMSS, y nacionales como las pruebas Saber (ICFES, 2022). Los laboratorios virtuales surgen como una alternativa eficaz, al ofrecer entornos de experimentación simulados que promueven la apropiación de conocimientos prácticos y el desarrollo de habilidades digitales (Chen et al., 2010; Jara et al., 2011). Para la recolección de datos se emplearon observación participante, entrevistas en profundidad, grupos focales y análisis documental, con análisis interpretativo y codificación abierta y axial, bajo criterios de rigor como credibilidad, transferibilidad, dependabilidad y confirmabilidad (Denzin, 2017; Lincoln & Guba, 1985). En San Zenón, la brecha tecnológica entre áreas urbanas y rurales —marcada por limitaciones de infraestructura, distribución desigual de recursos y falta de mantenimiento— restringe el uso de laboratorios virtuales. Sin embargo, su implementación ha potenciado la apropiación de conocimientos científicos, fomentando la indagación, la crítica y la aplicación del método científico, siempre que medie una adecuada orientación docente y adaptación al contexto. Este proceso ha transformado el rol del maestro hacia un facilitador del aprendizaje e impulsado metodologías visuales, interactivas y contextualizadas. No obstante, para consolidar su impacto es indispensable fortalecer el compromiso institucional, garantizar formación continua y asegurar recursos estables que permitan avanzar hacia la equidad y el desarrollo educativo en zonas rurales.

Palabras claves: laboratorios virtuales, ciencias naturales, apropiación de conocimientos, educación rural, investigación cualitativa

¹ Autor principal

Correspondencia: larry.barraza-r@up.ac.pa

Knowledge Appropriation in Practical Components of Natural Sciences through Virtual Laboratories in Educational Institutions in the Municipality of San Zenón, Department of Magdalena, Colombia

ABSTRACT

This article, derived from the doctoral thesis “Appropriation of Knowledge in Practical Components of Natural Sciences through Virtual Laboratories in Educational Institutions of the Department of Magdalena”, examines the implementation of virtual laboratories as a methodological strategy to enhance the teaching and learning of natural sciences. Grounded in the interpretative paradigm, with a qualitative and interpretative–comprehensive approach, the study explores the experiences and perceptions of students, teachers, academic coordinators, and school principals from rural institutions in San Zenón, Colombia. The research addresses challenges such as student demotivation, low academic performance, and difficulties in linking theory with practice, which are reflected in national and international assessments (PISA, TIMSS, and Saber tests). Data collection employed participant observation, in-depth interviews, focus groups, and documentary analysis, followed by open and axial coding under quality criteria of credibility, transferability, dependability, and confirmability. Findings reveal that, despite technological gaps caused by limited infrastructure and unequal resource distribution in rural areas, virtual laboratories foster the appropriation of scientific knowledge, critical thinking, inquiry skills, and the application of the scientific method. Their success, however, depends on adequate teacher guidance, contextual adaptation, sustained institutional commitment, continuous training, and stable resources, contributing to educational equity and development in rural settings.

Keywords: virtual laboratories, natural sciences, knowledge appropriation, rural education, qualitative research

*Artículo recibido 22 julio 2025
Aceptado para publicación: 25 agosto 2025*



Apropriação do Conhecimento em Componentes Práticos de Ciências Naturais por meio de Laboratórios Virtuais em Instituições de Ensino no Município de San Zenón, Departamento de Magdalena, Colômbia

RESUMO

Este artigo, derivado da tese de doutorado “Apropriação de Conhecimentos em Componentes Práticos das Ciências Naturais por meio de Laboratórios Virtuais em Instituições Educacionais do Departamento de Magdalena”, examina a implementação de laboratórios virtuais como estratégia metodológica para potencializar o ensino e a aprendizagem das ciências naturais. Fundamentado no paradigma interpretativo, com abordagem qualitativa e interpretativo-compreensiva, o estudo explora as experiências e percepções de estudantes, professores, coordenadores acadêmicos e diretores escolares de instituições rurais de San Zenón, Colômbia. A pesquisa aborda desafios como desmotivação estudantil, baixo desempenho acadêmico e dificuldades na articulação entre teoria e prática, evidenciados em avaliações nacionais e internacionais (PISA, TIMSS e provas Saber). A coleta de dados utilizou observação participante, entrevistas em profundidade, grupos focais e análise documental, seguida de codificação aberta e axial, sob critérios de qualidade como credibilidade, transferibilidade, dependabilidade e confirmabilidade. Os resultados revelam que, apesar das lacunas tecnológicas causadas pela infraestrutura limitada e pela distribuição desigual de recursos nas áreas rurais, os laboratórios virtuais favorecem a apropriação do conhecimento científico, o pensamento crítico, as habilidades de investigação e a aplicação do método científico. Seu sucesso, no entanto, depende de adequada orientação docente, adaptação contextual, compromisso institucional contínuo, formação permanente e recursos estáveis, contribuindo para a equidade educacional e o desenvolvimento em contextos rurais.

Palavras-chave: laboratórios virtuais, ciências naturais, apropriação de conhecimentos, educação rural, pesquisa qualitativa



INTRODUCCIÓN

La educación en el siglo XXI enfrenta retos significativos que se hacen visibles a través de diversas evaluaciones internacionales que miden el nivel de competencias de los estudiantes en áreas fundamentales del conocimiento. Informes como los de PISA (OCDE, 2019) y TIMSS (Mullis et al., 2020) han evidenciado un bajo desempeño de los estudiantes en ciencias, tanto en la comprensión de conceptos como en la aplicación de los mismos a situaciones de la vida cotidiana. Esta problemática no es ajena a Colombia, donde las pruebas Saber del ICFES (2022) muestran un rezago persistente en el desarrollo de competencias científicas, lo cual refleja limitaciones en las estrategias didácticas implementadas, así como en el acceso a recursos adecuados para la enseñanza y el aprendizaje.

En este escenario, surge la necesidad de replantear las prácticas pedagógicas y de incorporar metodologías innovadoras que promuevan un aprendizaje más significativo, práctico y contextualizado. Entre estas alternativas, los laboratorios virtuales se han consolidado como una herramienta con gran potencial, ya que ofrecen entornos simulados que permiten a los estudiantes experimentar y manipular variables propias de las ciencias naturales sin necesidad de contar con laboratorios físicos completamente equipados. Investigaciones previas destacan que estos recursos favorecen la apropiación del conocimiento, el fortalecimiento del pensamiento crítico y el desarrollo de habilidades digitales esenciales para la sociedad contemporánea (Hodson, 2014; Quintanilla et al., 2014; Chen et al., 2010; Jara et al., 2011; Layza et al., 2022).

Los laboratorios virtuales, además, representan una oportunidad para superar las barreras de infraestructura y presupuesto que enfrentan numerosas instituciones educativas, especialmente aquellas localizadas en zonas rurales y apartadas. Estas instituciones, a menudo, carecen de equipos suficientes, reactivos, espacios adecuados o conectividad estable, lo que dificulta la implementación de prácticas experimentales en el área de ciencias. Sin embargo, la tecnología digital, cuando se emplea de manera estratégica, puede mitigar estas limitaciones al brindar simulaciones interactivas que acercan a los estudiantes a los fenómenos naturales y a los procesos científicos de forma accesible, dinámica y segura. En este sentido, la presente investigación se inscribe en un paradigma interpretativo y adopta un enfoque cualitativo, ya que busca comprender las experiencias, percepciones y significados que docentes y estudiantes atribuyen al uso de laboratorios virtuales en el aprendizaje de las ciencias naturales.



Se toma como contexto de estudio el municipio de San Zenón, en el departamento del Magdalena, una región con condiciones educativas y tecnológicas particulares que permiten visibilizar tanto las potencialidades como las limitaciones de este tipo de recursos.

El propósito central de este trabajo es aportar a la construcción de nuevas perspectivas teóricas y prácticas que orienten la integración de los laboratorios virtuales en escenarios educativos con recursos limitados. Así, no solo se pretende identificar los beneficios pedagógicos de su uso, sino también reconocer los desafíos que enfrentan las comunidades educativas para garantizar una apropiación efectiva del conocimiento científico. Con ello, se busca contribuir al mejoramiento de la calidad de la educación en ciencias, fomentar la equidad en el acceso a experiencias formativas significativas y promover la innovación pedagógica mediada por las tecnologías digitales en Colombia y en contextos similares de América Latina.

Descripción del problema

La educación presenta bajos niveles de desempeño en ciencias a nivel global, nacional y local, como evidencian PISA (OCDE, 2019), TIMSS (Mullis et al., 2020) y las pruebas Saber del ICFES (2022), situación asociada a dificultades en la apropiación de conocimientos y a la carencia de estrategias prácticas (Espinosa et al., 2016). En el municipio de San Zenón, Magdalena, los diagnósticos revelan desmotivación, bajo rendimiento y ausencia de laboratorios (Acosta, 2019; Layza et al., 2022), limitando la conexión entre teoría y práctica (Murillo & Hidalgo, 2017). Frente a ello, los laboratorios virtuales surgen como alternativa innovadora para fomentar un aprendizaje práctico y contextualizado (Hodson, 2014; Quintanilla et al., 2014), con evidencias de eficacia en diversas áreas científicas y niveles educativos (Chen et al., 2010; Jara et al., 2011; García, 2016; Donoso et al., 2021). Su implementación responde a la falta de infraestructura física y aporta beneficios como accesibilidad, reducción de costos y fortalecimiento de habilidades científicas y digitales (Espinosa et al., 2016), aunque requiere adaptación a los lineamientos del MEN y a las condiciones socioculturales locales para lograr una integración sostenible y pertinente.

Propósito

La investigación tiene como propósito comprender cómo la aplicación de laboratorios virtuales incide en la apropiación de conocimientos prácticos en ciencias naturales en estudiantes de instituciones



educativas de San Zenón, Magdalena. El estudio busca no solo describir el grado en que estas herramientas digitales apoyan los procesos de enseñanza y aprendizaje, sino también analizar de manera crítica cómo los estudiantes interpretan y se relacionan con las experiencias prácticas mediadas por la tecnología. En este sentido, se pretende explorar y analizar las percepciones tanto de los estudiantes como de los docentes, reconociendo que son actores clave en la construcción de saberes y en la transformación de las prácticas pedagógicas. A partir de la interpretación de los beneficios y limitaciones que surgen en la implementación de laboratorios virtuales, la investigación se orienta hacia la identificación de factores que potencian o dificultan su efectividad en escenarios rurales, donde la brecha tecnológica y las condiciones de acceso a recursos suelen marcar profundas diferencias respecto a contextos urbanos.

Asimismo, el trabajo plantea la importancia de proponer lineamientos para fortalecer la implementación pedagógica de los laboratorios virtuales, considerando las particularidades socioculturales y tecnológicas de la región. Estos lineamientos no se reducen únicamente a la dotación de infraestructura, sino que también incluyen estrategias didácticas, formación docente y acompañamiento continuo que permitan integrar estas herramientas de manera significativa en el currículo de ciencias naturales. La finalidad última es contribuir al mejoramiento de la calidad educativa y promover una enseñanza de las ciencias más dinámica, interactiva y contextualizada, que acerque a los estudiantes a la experimentación y al pensamiento científico, incluso en escenarios donde las limitaciones materiales han sido históricamente una barrera. De esta manera, la investigación no solo busca diagnosticar una realidad, sino también aportar a la construcción de alternativas que fortalezcan el acceso equitativo a experiencias de aprendizaje innovadoras en la educación rural.

Impacto

La investigación propone el uso de laboratorios virtuales como una estrategia innovadora para mejorar el aprendizaje práctico y digital en el área de las ciencias naturales, especialmente en instituciones rurales del municipio de San Zenón, Magdalena, donde las limitaciones en infraestructura y recursos han dificultado históricamente el acceso a experiencias experimentales significativas. Estos entornos digitales permiten que los estudiantes, aun en contextos con escasos laboratorios físicos, puedan aproximarse a la experimentación, manipular variables, observar fenómenos y fortalecer la



comprensión de conceptos abstractos que, de otra manera, serían complejos de asimilar únicamente a través de la teoría.

El estudio combina enfoques cualitativos y cuantitativos con el propósito de ofrecer un análisis integral de la problemática. Desde la perspectiva cualitativa, se interpretan las percepciones, experiencias y valoraciones de docentes y estudiantes frente al uso de laboratorios virtuales, permitiendo comprender los beneficios, desafíos y oportunidades de su implementación. A nivel cuantitativo, se analizan indicadores de rendimiento académico y apropiación de competencias, lo que brinda evidencia sobre el impacto real de la estrategia en la formación científica de los estudiantes. Esta complementariedad metodológica aporta al marco teórico de la enseñanza de las ciencias y fortalece la discusión académica sobre la incorporación de las tecnologías digitales en la educación rural.

Además, la investigación busca ofrecer estrategias pedagógicas prácticas para los docentes, orientándolos en el diseño de actividades innovadoras que integren los laboratorios virtuales como recurso didáctico en el aula. Igualmente, se pretende generar insumos que orienten la formulación de políticas educativas más inclusivas y equitativas, que respondan a las necesidades de las comunidades rurales. El objetivo último es formar estudiantes con competencias científicas y digitales sólidas, capaces de enfrentar los retos del siglo XXI, en un mundo caracterizado por la constante transformación tecnológica y la necesidad de ciudadanos críticos, creativos y preparados para resolver problemas desde una perspectiva científica e innovadora.

Referentes

En la última década, investigaciones internacionales han demostrado que los laboratorios virtuales, simulaciones y tecnologías inmersivas mejoran la enseñanza de ciencias naturales y química al facilitar la comprensión de conceptos complejos, fortalecer habilidades prácticas y digitales, incrementar la motivación y atender la diversidad, especialmente en contextos con recursos limitados.

Los estudios revisados evidencian que:

Fortalecen competencias científicas y digitales (Abouelenein, 2024) y aumentan la inclusión mediante ayudas adaptativas (Ali, 2024).

Potencian la comprensión de procesos complejos mediante simulaciones avanzadas (Altarawneh, 2024) y realidad virtual/aumentada (Ahmady Falah, 2024).



Mejoran la autoeficacia y la resolución de problemas (Ayu Anom, 2024) y la comprensión conceptual en contextos con recursos escasos (Batista Zaldívar, 2024).

Facilitan la visualización tridimensional de macromoléculas (Carrasquero & Vaca, 2024).

Integran gamificación y metaverso para aumentar la motivación y la seguridad en entornos de aprendizaje (Putra & Zainul, 2024; Rahman, 2024; Sanzana, 2024).

Favorecen la visualización y la interacción en química universitaria (Yáñez Romero, 2024) y demuestran que el monitoreo virtual puede complementar o sustituir equipamiento físico (Zadeh Fard, 2024).

En conjunto, la literatura respalda que la incorporación de laboratorios virtuales y tecnologías emergentes puede transformar la enseñanza práctica de las ciencias, superar barreras de infraestructura y responder a las necesidades de estudiantes diversos. Esta base teórica sustenta la propuesta de investigar la apropiación de conocimientos en ciencias naturales mediante laboratorios virtuales en instituciones rurales de San Zenón, Magdalena.

Paradigma

El estudio se enmarca en el paradigma interpretativo, que busca comprender los fenómenos sociales desde la perspectiva de los participantes en su contexto natural, reconociendo que la realidad es subjetiva y construida socialmente (Kuhn, 1962; Galeano, 2004). Este enfoque es especialmente útil en educación, ya que permite explorar de forma profunda cómo estudiantes y docentes experimentan y dan sentido al uso de laboratorios virtuales en ciencias naturales, considerando factores contextuales, culturales y personales.

Diversos autores coinciden en su relevancia: Galeano (2004) y Stake (2010) destacan la interpretación de las experiencias subjetivas; Martínez (1996) y Sandín (2003) enfatizan la influencia del contexto sociocultural en el aprendizaje. En conjunto, el paradigma interpretativo ofrece una visión holística que integra vivencias personales y condiciones del entorno, lo que resulta esencial para comprender la apropiación de conocimientos en entornos educativos complejos y rurales.

Enfoque

La investigación, enmarcada en el paradigma interpretativo, adopta un enfoque cualitativo que permite explorar en profundidad los significados, percepciones y experiencias de estudiantes y docentes sobre



el uso de laboratorios virtuales en ciencias naturales. Este enfoque reconoce la realidad como subjetiva, múltiple y socialmente construida, favoreciendo la comprensión de la diversidad y complejidad educativa. Epistemológicamente, promueve relaciones horizontales entre investigador y participantes, basadas en la intersubjetividad y la co-construcción del conocimiento. La coherencia entre paradigma y enfoque fortalece la validez del estudio y posibilita una interpretación rica y contextualizada del fenómeno investigado.

METODOLOGÍA

El presente estudio se fundamenta en el método interpretativo-comprensivo, el cual, de acuerdo con Ñaupas et al. (2018), no se limita únicamente a describir los fenómenos observados, sino que busca comprenderlos en profundidad e interpretarlos a partir del contexto social, cultural y educativo en el que emergen. Este enfoque metodológico resulta pertinente debido a que la investigación se orienta a explorar las percepciones y experiencias que docentes y estudiantes construyen alrededor del uso de laboratorios virtuales en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales, especialmente en escenarios educativos rurales que presentan condiciones particulares en cuanto a recursos tecnológicos y pedagógicos.

El método interpretativo-comprensivo se alinea directamente con el paradigma interpretativo y con el enfoque cualitativo, los cuales privilegian el análisis de significados, la interacción social y la construcción colectiva de conocimiento. Según Fontaines (2016), este tipo de aproximación metodológica favorece el reconocimiento de la subjetividad de los actores, permitiendo rescatar su voz y su experiencia como elementos esenciales para la comprensión de la realidad educativa. De esta manera, el investigador no asume un rol distante ni neutral, sino que participa de manera activa y reflexiva, integrándose al contexto de estudio para captar la complejidad de los procesos vividos por los participantes.

En esta línea, Ortiz (2013) señala que el método interpretativo-comprensivo aporta al análisis educativo porque considera tanto las dimensiones explícitas del proceso de enseñanza y aprendizaje como aquellas implícitas, relacionadas con las emociones, motivaciones, expectativas y barreras que enfrentan los sujetos.



Así, el uso de laboratorios virtuales no se estudia solamente como una herramienta tecnológica, sino como una práctica social mediada por factores culturales, institucionales y pedagógicos que inciden en su apropiación y en los resultados de aprendizaje.

El diseño metodológico permite también una comprensión holística de las interacciones que surgen entre docentes, estudiantes y recursos digitales, reconociendo la diversidad de perspectivas que configuran la experiencia educativa. Tal como plantean Flick (2015) y Vasilachis de Gialdino (2006), el método interpretativo ofrece la posibilidad de acceder a los significados profundos que las personas atribuyen a sus prácticas, lo que enriquece el análisis y fortalece la validez de los hallazgos.

Es así como la elección de este método responde a la necesidad de indagar más allá de los resultados superficiales de la implementación de laboratorios virtuales, buscando interpretar cómo estos influyen en la construcción de conocimientos, en la motivación por aprender ciencias y en la integración de las tecnologías en contextos educativos con limitaciones estructurales. Con ello, se espera generar aportes relevantes tanto para la teoría educativa como para la práctica pedagógica en instituciones con características similares.

Diseño de la Investigación

La investigación adopta el diseño de estudio de caso, coherente con el paradigma interpretativo y el enfoque cualitativo, ya que permite una exploración profunda y contextualizada de las experiencias de estudiantes y docentes en el uso de laboratorios virtuales en ciencias naturales. Según Yin (2018) y Stake (2010), este diseño es idóneo para comprender fenómenos complejos en su contexto real y para interpretar significados construidos por los participantes. Además, incorpora elementos de la investigación fenomenológica descrita por Creswell (2013), orientada a entender cómo las personas experimentan y otorgan sentido a su realidad.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos se desarrollará bajo el paradigma interpretativo y enfoque cualitativo, empleando técnicas que capturen la complejidad y profundidad de las experiencias. Se utilizarán: observación participante, para registrar comportamientos y dinámicas en sesiones de laboratorio virtual; entrevistas semiestructuradas, dirigidas a docentes y estudiantes para explorar percepciones; grupos focales, con pequeños grupos de estudiantes para promover la discusión colectiva; análisis de

documentos, revisando productos académicos y planes de clase; y diarios de campo, para reflejar observaciones y reflexiones del investigador.

Las unidades de estudio serán clases de Ciencias Naturales con laboratorios virtuales. Participarán 10 estudiantes de grados 8.º a 11.º (13 a 18 años) con experiencia en estas herramientas; 6 docentes de Ciencias Naturales con uso previo de laboratorios virtuales; y 4 directivos (2 coordinadores y 2 rectores) con experiencia mínima de tres años en gestión académica y participación directa en la implementación y supervisión de estas herramientas. El muestreo será intencional y se aplicarán criterios de inclusión y exclusión para garantizar que los participantes aporten perspectivas pertinentes y representativas del contexto investigado.

RESULTADOS

El análisis de los resultados académicos en ciencias naturales tras la implementación de laboratorios virtuales en las instituciones educativas de San Zenón, Magdalena, permitió evidenciar mejoras significativas en el rendimiento estudiantil. A partir del componente cuantitativo, se compararon los puntajes obtenidos antes y después de la experiencia pedagógica, lo que mostró un incremento progresivo en los promedios de los grados 6.º a 9.º, especialmente en temas relacionados con procesos físicos, biológicos y químicos. Aunque los colegios urbanos mantuvieron resultados superiores desde el inicio, fueron las sedes rurales las que registraron aumentos relativos más notables, lo que refleja el potencial de estas herramientas tecnológicas para reducir brechas educativas históricas.

Los hallazgos destacan avances en la comprensión de fenómenos naturales, la formulación de hipótesis y el análisis de resultados, aspectos tradicionalmente débiles en contextos rurales. La exposición recurrente a simulaciones permitió vincular teoría y práctica de manera más efectiva, favoreciendo la consolidación de aprendizajes. De igual forma, los docentes reportaron mejoras en el ritmo de adquisición de contenidos y en la retención de conceptos clave, observándose una disminución de errores en áreas como fotosíntesis, cambios de estado, leyes del movimiento y propiedades de la materia, lo cual se asocia a procesos de internalización más sólidos (Rosado et al., 2023).

Los análisis estadísticos confirmaron diferencias significativas entre los puntajes previos y posteriores a la implementación, con niveles de confianza superiores al 95 %, lo que descarta la posibilidad de que los cambios respondan al azar.



Adicionalmente, el uso de rúbricas analíticas permitió medir con precisión indicadores como la coherencia en las inferencias, la calidad de las conclusiones y el uso del lenguaje científico. En los grupos que trabajaron de manera constante con el laboratorio virtual, estos puntajes fueron sustancialmente más altos en comparación con aquellos donde el uso fue esporádico.

En cuanto a la participación, más del 80 % de los estudiantes en instituciones con buena conectividad completó las simulaciones asignadas, mientras que en zonas rurales con limitaciones tecnológicas la cifra descendió al 50 %. Esto sugiere que las condiciones estructurales y el compromiso docente son factores determinantes para maximizar los beneficios de la estrategia.

Finalmente, más allá del impacto académico, se observaron efectos positivos en la motivación y en la percepción de autoeficacia de los estudiantes: un 76 % afirmó sentirse más seguro al resolver problemas de ciencias tras la experiencia. En conclusión, los laboratorios virtuales demostraron ser una estrategia pedagógica eficaz para mejorar aprendizajes, promover la equidad educativa y potenciar la confianza de los estudiantes en el área de ciencias naturales.

CONCLUSIONES

En San Zenón, la brecha tecnológica entre zonas urbanas y rurales refleja una histórica exclusión digital, marcada por deficiencias en infraestructura, conectividad y recursos para la enseñanza de ciencias. Las escuelas rurales carecen de equipos funcionales y espacios para la experimentación, lo que obliga a los docentes a recurrir a estrategias adaptativas con materiales alternativos. Aunque existen programas de dotación y formación tecnológica, su implementación es irregular y carece de mantenimiento, lo que limita su impacto.

Pese a estas limitaciones, los laboratorios virtuales han transformado el concepto de experimentación, permitiendo a los estudiantes contextualizar fenómenos simulados y desarrollar competencias cognitivas y actitudinales como la observación, la formulación de hipótesis y la crítica científica. Las simulaciones favorecen la repetición sin riesgo, rompiendo con la enseñanza memorística y fomentando el aprendizaje activo. Sin embargo, la apropiación es desigual: estudiantes con menos experiencia en TIC requieren mayor mediación docente y apoyo visual.



La experiencia ha impulsado una renovación del rol docente, incorporando enfoques visuales, interactivos, lúdicos y contextualizados, adaptados a las realidades locales. Esta innovación metodológica ha favorecido la reflexión pedagógica y la apropiación crítica de las tecnologías como herramientas de equidad educativa. No obstante, persisten desafíos como la falta de formación continua y el mantenimiento técnico. San Zenón demuestra que, con compromiso docente y contextualización, es posible superar barreras estructurales y avanzar hacia una educación científica más inclusiva y participativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 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.
- 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(3), 3113-3132.
- Altarawneh, M. (2024). Virtual undergraduate chemical engineering labs based on density functional theory calculations. *Chemistry Teacher International*, 6(1), 5-17.
- Anom, A. I. A., Manuaba, I. B. P., 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.
- 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.
- 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.
- 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*, 1-21.



- 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.
- Falah, S. A. A. A., & Aqa, R. F. S. A. (2024). Effects of Virtual and Augmented Reality in Chemistry Education: Systematic Literature Review. *technology*, 7(1).
- Fard, A. M. Z., Kirchner, M., Blockmans, B., Arts, W., Sels, B., Pluymers, B., ... & 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.
- 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. In *Navigating Virtual Worlds and the Metaverse for Enhanced E-Learning* (pp. 20-83). IGI Global.
- Lopes, R. M., Braga, L. A. M., Serrão, A. S. R., Teixeira, L. D. A., Comarú, M. W., de Souza, R. A., ... & Mota, F. B. (2024). Virtual Reality to Teach Students in Laboratories: A Bibliometric and Network Analysis. *Journal of Chemical Education*.
- Pinto, C. M. (2024). Diversity, Equity, and Inclusion in Practice: Responsible AI Use Cases from Latin America and the Caribbean. *Social Innovations Journal*, 23.
- 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.
- Romero, M. E. Y. (2024). Integración efectiva de las TIC en la enseñanza de química: estrategias innovadoras para la docencia universitaria. *Revista Social Fronteriza*, 4(2), e42181-e42181.
- Santiago, N. R. L. Gamificación para química analítica: un cuarto de escape digital. *Educación Química*, 35(2), 187-195.



- 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.
- Tobón, J. E. C. (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.
- Zaldívar, M. A. B., Intriago, S. N. G., Gorozabel, B. P. L., Palacio, G. L. S., Pachay, P. V. L., Vélez, M. A. F., & Ruperti-Montesdeoca, J. P. (2024, January). Didactic strategy for the virtual experimental teaching of chemistry. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2994, No. 1). AIP Publishing.

