

Evaluación del impacto de las simulaciones virtuales en el aprendizaje químico: Un estudio en el nivel educación media en la zona de conflicto armado colombiano

Evaluation of the impact of virtual simulations on chemical learning: A study at the secondary education level in the Colombian armed conflict zone

Alberto Elias Peñaata Avila¹

¹Universidad UMECIT de Panamá, albertopenata.est@umecit.edu.pa, <https://orcid.org/0009-0007-6408-2753>, Colombia

Información del Artículo

Trazabilidad:

Recibido 28-12-2025

Revisado 29-12-2025

Aceptado 31-01-2026

Palabras Clave:

Aprendizaje autónomo
Aprendizaje químico
Simulaciones virtuales
Zona postconflicto

Keywords:

Autonomous learning
Chemical learning
Virtual simulations
Post-conflict zone

RESUMEN

Este estudio doctoral tiene como objetivo principal evaluar la incidencia del uso de simulaciones virtuales en el aprendizaje de la química en la educación media, en el contexto del conflicto armado colombiano. En este sentido, los estudios previos aportan fundamentos teóricos sólidos para la integración de las TIC y las simulaciones virtuales como andamiajes que favorecen el aprendizaje autónomo y el desarrollo de competencias científicas, en este caso, del conocimiento químico. Para la operacionalización de esta investigación se identifican dos variables, a saber: en primer lugar, la variable independiente denominada *simulaciones virtuales*; en segundo lugar, la variable dependiente correspondiente al *aprendizaje químico*. En cuanto a los aspectos metodológicos, se adopta el paradigma positivista, con base en el método hipotético-deductivo y un enfoque cuantitativo de tipo evaluativo. El diseño de investigación empleado es cuasiexperimental, con grupos control y experimental conformados mediante la técnica de muestreo probabilístico por conglomerados (clusters), seleccionando para ello dos municipios ubicados en Zonas PDET: Puerto Libertador, focalizados a la Institución Educativa Pica Pica Viejo del departamento de Córdoba y Necoclí, con la Institución Educativa Zapata del departamento de Antioquia. Los resultados comparativos entre las pruebas Pretest y Posttest evidencian que la propuesta de formación en química, basada en ambientes virtuales, contribuye a superar vacíos conceptuales presentes en los sujetos participantes. Esto se traduce en un crecimiento integral coherente con los estándares de competencias establecidos en el sistema educativo colombiano. En este marco, el diseño, implementación y evaluación de simuladores virtuales proyecta un cambio positivo en la manera como los estudiantes de educación media aprenden química. Por lo tanto, se concluye que esta investigación doctoral ofrece una meritoria oportunidad para aplicar estrategias de aprendizaje químico en distintas Zonas PDET, como vía para fortalecer la competitividad educativa y contribuir al cierre de brechas existentes entre los contextos rurales en situación de posconflicto y las zonas urbanas del país.

ABSTRACT

The central objective of this doctoral study is to evaluate the impact of the use of virtual simulations in the learning of chemistry in secondary education, in the context of the Colombian armed conflict. In this sense, extant studies provide substantial theoretical foundations for the integration of ICT and virtual simulations as scaffolds that favor autonomous learning and the development of scientific competences, in this case, of chemical knowledge. The operationalization of this research entails the identification of two variables: first, the independent variable, which is referred to as virtual simulations; and second, the dependent variable, which is associated with chemical learning. The methodological approach employed is rooted in the positivist paradigm, which is predicated on the hypothetical-deductive method and a quantitative approach of evaluative type. The research design employed

is quasi-experimental, with control and experimental groups formed by means of the probabilistic sampling technique by clusters. To this end, two municipalities located in PDET Zones were selected: Puerto Libertador's primary focus is on the Pica Pica Viejo School in the Córdoba department and the Zapata Institution in the Antioquia department. The comparative results between the pretest and posttest tests demonstrate that the training proposal in chemistry, grounded in virtual environments, contributes to the successful overarching conceptual integration of the participating subjects. This phenomenon corresponds to an integral growth trajectory that aligns with the competency standards delineated within the Colombian educational framework. In this framework, the design, implementation, and evaluation of virtual simulator projects are poised to effect a positive change in the manner in which high school students learn chemistry. Therefore, it is concluded that this doctoral research offers a valuable opportunity to apply chemistry.

INTRODUCCIÓN

La investigación titulada “Evaluación del impacto de las simulaciones virtuales en la enseñanza de química en zona de conflicto armado colombiano” representa un esfuerzo exhaustivo en el ámbito de la educación química. A lo largo de este estudio, se explora el potencial de las simulaciones virtuales como herramientas educativas en la enseñanza de química, específicamente en el nivel de educación media, enfocándose en los municipios de Puerto Libertador en el Departamento de Córdoba y Necoclí en el Departamento de Antioquia ambos municipios caracterizados como Zonas con Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET). El objetivo principal de esta investigación doctoral es valorar cómo el uso de simulaciones virtuales impacta la enseñanza de química en zona de conflicto armado colombiano. A través de un enfoque meticuloso y sistemático, se busca examinar cómo estas herramientas influyen en el aprendizaje de los estudiantes, su motivación, comprensión conceptual y desarrollo de habilidades prácticas. Los resultados obtenidos serán fundamentales para ofrecer recomendaciones basadas en evidencias que mejoren las prácticas educativas en la enseñanza de la química en esta área específica.

Este estudio se desarrolla en el contexto rural de la Zona del Urabá y el Sur de Córdoba, especialmente en los municipios de Puerto Libertador y Zapata - Antioquia, zonas reconocidas por su biodiversidad y su importancia económica en la agricultura, el turismo y la ganadería. Sin embargo, a pesar de su potencial, la enseñanza de la química en la educación media en esta zona enfrenta desafíos notables, como la escasez de recursos como materiales, reactivos y laboratorios físicos. En este escenario, las simulaciones virtuales podrían presentar una solución promisoría para mejorar la calidad educativa y facilitar el acceso a experiencias prácticas y experimentales en el campo de la química.

Contextualización De La Problemática.

Según Duque (2019), el incremento de la población en Colombia ha generado una presión sobre el sistema educativo, mientras que el gasto público destinado a la educación se ha estancado en alrededor del 3,2 % del Producto Interno Bruto (PIB) del país. Esto ha llevado a una disminución del gasto por estudiante, lo que ha impactado negativamente en la calidad educativa. En el caso específico del departamento de Antioquia, en 2019, se contaba con el 22,5% de los recursos asignados al departamento desde el presupuesto nacional y el sistema de participaciones para gastos relacionados con la educación (Vargas, 2019). Sin embargo, este porcentaje no ha sido suficiente para garantizar un buen desempeño de los estudiantes, ya que los resultados de las pruebas Saber 11 de los últimos cinco años sitúan a este departamento por debajo del promedio nacional (ICFES, 2023).

La UNESCO (2015) la enseñanza tiene un papel fundamental en la edificación de una sociedad más equitativa y justa, ya que la enseñanza es una forma de transmitir conocimientos y habilidades a las personas, lo que les permite desarrollarse y mejorar sus condiciones de vida, es decir, con la enseñanza podemos reducir la desigualdad y la exclusión social, ya que proporciona a las personas las habilidades y el conocimiento necesario para mejorar sus oportunidades de vida. Tras un estudio basado en encuestas sobre la enseñanza de química en instituciones de carácter oficial en la subregión de Urabá-Antioquia, se constató que únicamente una institución en toda la región cuenta con laboratorios equipados con materiales y reactivos para llevar a cabo prácticas de Química. Asimismo, se evidencia que, según los resultados de las pruebas Saber 11 en Ciencias Naturales para las instituciones oficiales de esta región de Colombia, los puntajes se sitúan por debajo de los promedios nacionales y departamentales (ICFES, 2021).

Por lo tanto, es prioritario que se busquen nuevas formas de aprendizaje de química, para la OCDE (2021). El aprendizaje es importante para el desarrollo profesional y personal. Aprender cosas nuevas puede ayudar a las personas a descubrir nuevos intereses y pasatiempos, lo que a su vez puede subir sus condiciones de

vida. Además, el aprendizaje constante puede mejorar las perspectivas de empleo y aumentar las oportunidades de promoción y desarrollo profesional. Por otro lado, diferentes autores como Amú y Salazar (2019), afirman que los aportes que brindan las TIC, no se están teniendo en las instituciones educativas, y esto se evidencia en la poca o casi nula utilización de esta para el desarrollo de clases de química. También, López (2021), en su investigación encontró que el 59% de los docentes no incluye ni utiliza las TIC en su quehacer pedagógico, mientras que el 37% incluye las TIC básicamente en el manejo de correos electrónicos y redes sociales, mientras que únicamente el 4% de los docentes incluye y utilizan las TIC ampliamente dentro y fuera de las aulas.

Importancia de la temática

El pensar en una Urabá con mayor énfasis en educación además conlleva considerar la seguridad alimentaria nacional. Según el informe socioeconómico de la Cámara de Comercio de Urabá en 2020, esta región se destaca en el ámbito del comercio internacional debido a sus exportaciones de frutas frescas (banano y plátano) dirigidas principalmente a mercados europeos. Sin embargo, las importaciones y exportaciones a través de las aguas del golfo representan una gran cantidad, totalizando en 2019 aproximadamente 46.5 millones de toneladas y USD \$ 276.108 millones, con USD \$263.925 millones en mercancía importada y USD \$12.1 millones en mercancía exportada excluyendo banano y plátano.

De esta problemática emerge la necesidad de integrar las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la educación, particularmente mediante simulaciones, como herramientas para el aprendizaje de las ciencias experimentales. En línea con Toledo (2013, citado por García, 2015, p.228), las TIC ofrecen respuestas a necesidades específicas, brindando apoyo educativo y abriendo oportunidades para la participación e inclusión social de los estudiantes. Estrada (2018), en su tesis, encontró que las TIC, en particular los simuladores virtuales, mejoraron los niveles argumentativos y los modelos explicativos sobre fenómenos básicos asociados al concepto de luz. Este estudio reflejó un desarrollo en los niveles argumentativos de los estudiantes y una evolución en los modelos explicativos utilizados, favoreciendo un cambio hacia un modelo más escolarizado.

Investigaciones más recientes, como la de Carrión (2020) de la Universidad Católica de Cuenca, demostraron cómo el simulador virtual PhET es una estrategia efectiva para mejorar la asimilación conceptual y procedimental de la química. Páez (2022), de la Universidad de Córdoba, analizó la relación entre los simuladores PhET y las clases experimentales en el aprendizaje del concepto de soluciones químicas, proponiendo actividades didácticas para hacer la química más atractiva y divertida, basándose en la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia. De acuerdo con Pepper, Beckler, Schunn, Renken y Revak (2015), las simulaciones en el aula no solo mejoran el conocimiento de contenido de los estudiantes, lo cual evidencia que además promueven el desarrollo de habilidades cognitivas. Además, se resalta que los laboratorios tradicionales pueden convertirse en un obstáculo debido al tiempo, el costo y las preocupaciones de seguridad, como quemaduras o intoxicaciones, que pueden afectar a los estudiantes.

El uso de las TIC en los laboratorios de química se considera relevante, ya que el análisis de encuestas aplicadas en instituciones no certificadas en los municipios de la subregión de Urabá evidenció que todas cuentan con salas de sistemas bien equipadas con computadoras y acceso a internet. Estas tecnologías son atractivas para los estudiantes en la actualidad. Por consiguiente, es decisivo explorar métodos de enseñanza innovadores que fomenten un aprendizaje más dinámico, interactivo y significativo. Las simulaciones virtuales, en particular, han generado interés en la comunidad educativa debido a su capacidad para simular experimentos y fenómenos químicos de forma visual y práctica.

A pesar del potencial de las simulaciones virtuales, es imprescindible evaluar su impacto en el contexto específico de la educación media en la subregión de Urabá, Antioquia. Es fundamental comprender cómo el uso de estas herramientas influye en el aprendizaje de los estudiantes, su motivación, comprensión conceptual y desarrollo de habilidades prácticas en el campo de la química. Aunque las simulaciones no reemplazan la observación y la experimentación de fenómenos reales, pueden agregar una dimensión valiosa para el entendimiento científico, especialmente en instituciones que carecen de laboratorios adecuados.

La propuesta investigativa que sustentas se enmarca en una necesidad pedagógica real: mejorar la calidad de la enseñanza de la química en contextos de alta vulnerabilidad. Este objetivo se aborda no desde una idealización tecnológica, sino desde una comprensión crítica de las condiciones sociales, económicas y educativas de los territorios en los que se desarrolla. En este sentido, tu estudio se sitúa en una intersección entre innovación pedagógica y justicia educativa. El uso de simulaciones virtuales, en este caso, se proyecta como una estrategia viable, contextualizada y ajustada a las posibilidades reales de las instituciones rurales colombianas. El hecho de que se haya seleccionado un diseño cuasiexperimental con pruebas comparativas fortalece la validez del estudio y aporta evidencia cuantificable sobre su impacto. Además, al incluir dos municipios de distintas regiones del país, se amplía la capacidad de generalización y se propicia el análisis de diferencias contextuales en la implementación de la estrategia.

En consecuencia, hay necesidad de realizar una investigación rigurosa que evalúe el impacto del uso de las simulaciones virtuales en la enseñanza de química zona de conflicto armado colombiano. Además, se requiere identificar los desafíos y las oportunidades específicas asociadas con el uso de simulaciones virtuales en el contexto de Urabá, Antioquia, considerando factores como la disponibilidad de tecnología, la capacitación docente y las condiciones socioeconómicas de los estudiantes. Esto posibilitará la creación de estrategias y sugerencias relevantes con el fin de mejorar la incorporación de estas herramientas en la enseñanza de la química en el nivel de educación media dentro de la subregión.

Finalmente, este trabajo reconoce a las simulaciones como una herramienta para democratizar el acceso al conocimiento científico, en contextos donde la educación no ha sido prioridad histórica del Estado. La posibilidad de que un estudiante de una vereda en el sur de Córdoba acceda a una experiencia de laboratorio a través de un simulador, en igualdad de condiciones con un estudiante de una capital, representa no sólo un avance pedagógico, sino un acto de reparación territorial y social.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente artículo de investigación resulta de un estudio positivista que propende por la comprensión cognitiva del mundo. En este contexto, el enfoque se enmarca en la teoría positivista, sugiriendo la viabilidad de alcanzar verdades absolutas al abordar los problemas y al establecer una clara separación entre el investigador y el objeto de estudio. Por lo tanto, para este estudio se optó el enfoque cuantitativo que, según Hernández et al., (2014) emplea la recopilación de datos para examinar hipótesis mediante mediciones numéricas y análisis estadístico, con el propósito de identificar tendencias de comportamiento y validar teorías. En este estudio, se prioriza el tipo de investigación Evaluativa, que según Hurtado (2012) se centra en la evaluación de los efectos de uno o varios programas que han sido o están siendo aplicados en un contexto particular. Así, para esta investigación se seleccionó un diseño Cuasi experimental. En este sentido, el grupo de control corresponde a la Institución Educativa Zapata en la zona de Urabá, Antioquia y el grupo experimental corresponde a la Institución Educativa Pica Pica Viejo del municipio de Puerto Libertador Córdoba.

En esta investigación, se utilizan diversas técnicas de Pretest, Posttest y Encuestas. La población de estudio son la Institución Educativa Rural Zapata ubicada en la zona de Urabá, Antioquia y la IE Pica Pica Viejo en el municipio de Puerto Libertador, Córdoba. En el contexto de la población descrita, que cursa el nivel de media académica en la zona rural de los departamentos de Antioquia Córdoba, es preciso informar de que ambos establecimientos educativos enfrentan desafíos significativos en cuanto a la violencia, las secuelas de esta y la falta de apoyo gubernamental como eje transaccional de las Zonas PDET. Por lo anterior, se tiene que la muestra de esta investigación está constituida por 153 estudiantes del nivel educativo media académica de las Instituciones Educativas Rurales Pica Pica Viejo y Zapata.

En este estudio de orden positivista y con enfoque cuantitativo se echa mano de la técnica de muestreo probabilística, en específico, muestreo por conglomerados o clusters (Hernández et al., 2014). Es decir, que de las dos Zonas PDET acompañadas en el Departamento de Antioquia y Departamento de Córdoba se siguen los pasos de un muestro aleatorio con la elección de dos municipios en Zona PDET tales como: Puerto Libertador y Necoclí seleccionados para la investigación en tanto se reducen costos, tiempo y energía, al considerar que a veces las unidades de muestreo o análisis se encuentran encapsuladas en lugares físicos y geográficos similares a los cuales se denominan racimos. Con base en lo anterior, en la etapa del muestreo fueron seleccionados los dos establecimientos educativos del cuasiexperimento, los cuales cuentan con una población estudiantil de 590 estudiantes matriculados en la Institución Educativa Pica Pica Viejo y 920 estudiantes matriculados en la Institución Educativa Zapata ambos establecimientos adscritos al sector oficial y de áreas rurales ubicadas dentro de los municipios en Zonas PDET de Colombia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el marco de los desafíos persistentes que enfrenta la enseñanza de la química en regiones afectadas por la violencia, la pobreza estructural y la falta de infraestructura escolar, surgen propuestas que buscan mejorar los procesos educativos mediante el uso estratégico de las tecnologías de la información y la comunicación. Este trabajo se enfoca en sistematizar los antecedentes que respaldan la propuesta investigativa sobre el impacto de las simulaciones virtuales en el aprendizaje de la química, dirigida a estudiantes de educación media ubicados en zonas de conflicto armado en Colombia. A través de una revisión minuciosa de estudios previos, se busca establecer una base sólida que oriente y justifique la implementación de esta estrategia en territorios rurales como Puerto Libertador (Córdoba) y Necoclí (Antioquia), ambos categorizados como Zonas PDET.

El análisis de los antecedentes revisados revela la existencia de una tendencia creciente hacia la incorporación de entornos virtuales como herramientas para enseñar ciencias en distintos niveles

educativos, tanto a nivel nacional como internacional. Este conjunto de investigaciones aporta perspectivas relevantes sobre la eficacia pedagógica de los simuladores, la aceptación de los estudiantes, los cambios metodológicos requeridos y los retos que enfrentan los docentes en contextos diversos. La convergencia de estos aportes permite sustentar la pertinencia y necesidad de este estudio doctoral desde un enfoque contextualizado, educativo y científico. El uso de simulaciones interactivas en entornos escolares representa un avance importante en la forma en que se enseñan y aprenden las ciencias experimentales. Investigaciones como las de Guerrero, Guerrero y Ramos (2018) han mostrado que los estudiantes prefieren las herramientas digitales para abordar temas complejos como las reacciones de óxido-reducción, lo cual sugiere un cambio en la manera tradicional de impartir contenidos. Los estudiantes no solo manifiestan sentirse más cómodos, lo cual evidencia que logran comprender de mejor forma procesos que, de otro modo, serían inabordables por falta de laboratorios físicos.

Este hallazgo es coherente con lo reportado por Zambrano y Giler (2021), quienes demostraron que en contextos donde no es posible realizar prácticas experimentales de manera frecuente, las simulaciones aportan una experiencia formativa significativa que contribuye a reducir las brechas de aprendizaje. La dificultad de acceder a reactivos, equipos y laboratorios puede ser superada con la implementación de plataformas virtuales, las cuales, además de permitir la repetición segura de procedimientos, ofrecen representaciones gráficas que fortalecen la comprensión conceptual. En escenarios rurales y con restricciones presupuestales, como las instituciones educativas del sur de Córdoba y la zona de Urabá, este tipo de herramientas adquiere mayor pertinencia. El estudio de Peñata, Camargo y García (2016) es ilustrativo en este sentido: mediante la implementación de simuladores virtuales en escuelas de Urabá, los autores lograron aumentar la motivación de los estudiantes y despertar su interés por las ciencias, incluso cuando la conexión a internet era limitada. La creación de un sitio web donde los propios estudiantes participaban en el desarrollo de simulaciones generó un sentido de apropiación y protagonismo educativo. Uno de los factores recurrentes identificados en los antecedentes revisados es la necesidad de fortalecer las capacidades pedagógicas del profesorado para integrar simulaciones virtuales de manera pertinente y eficaz. El estudio de Muñoz, Salillas, Álvarez y García (2023), centrado en las percepciones del profesorado ante el uso de simuladores, reveló que, si bien existe una valoración positiva de estos recursos, su aprovechamiento pleno exige formación específica. Los docentes identificaron la dificultad de diseñar actividades con niveles adecuados de profundidad conceptual y plantear desafíos abiertos que potencien la indagación. De forma similar, Bizzio y Guirado (2024) observaron que los futuros docentes, durante su formación inicial, enfrentaban barreras al momento de crear secuencias didácticas con simulaciones científicas. Estas limitaciones se relacionaban con la integración efectiva de los recursos digitales en procesos pedagógicos que tuvieran en cuenta las características de los estudiantes. Lo anterior evidencia una deuda formativa en el uso didáctico de tecnologías emergentes, lo cual representa un área de mejora para las escuelas normales, facultades de educación y programas de desarrollo profesional docente.

Estas observaciones permiten inferir que la inserción de simuladores virtuales no puede entenderse como un simple acto de disponibilidad tecnológica. Es preciso diseñar estrategias de acompañamiento formativo que incluyan no solo el uso instrumental de las plataformas, sino el desarrollo de competencias didácticas para planear, ejecutar y evaluar aprendizajes mediados por simulación. Esta necesidad es especialmente apremiante en los territorios priorizados por políticas públicas como los PDET, donde el acceso a la tecnología no siempre se acompaña de procesos formativos sostenibles para el profesorado. Los antecedentes revisados coinciden en que las simulaciones virtuales inciden positivamente en el desarrollo de habilidades científicas y cognitivas en los estudiantes. En el trabajo de Estrada (2018), se evidenció que el uso de simuladores contribuye al fortalecimiento de los niveles argumentativos, lo cual se traduce en una mejora en la forma en que los estudiantes explican fenómenos naturales. De igual forma, Peffer, Beckler, Schunn, Renken y Revak (2015) destacaron que los entornos virtuales fomentan habilidades cognitivas superiores al permitir que el estudiante explore diferentes variables, observe sus efectos y construya modelos explicativos a partir de la interacción.

Desde un enfoque procedimental, Páez (2022) evidenció cómo las simulaciones permiten articular conceptos abstractos con prácticas experimentales, aspecto que mejora la transferencia del conocimiento y la apropiación de los conceptos científicos. Esto representa una ventaja en escenarios rurales donde la educación en ciencias suele limitarse a una enseñanza teórica, descontextualizada y memorística. El trabajo de Raviolo y Farré (2017), desarrollado en Argentina, mostró que al utilizar simulaciones en evaluaciones sobre titulaciones ácido-base, los estudiantes no solo accedían a una visualización comprensiva de los procesos, lo cual evidencia que mejoraban sus resultados al establecer conexiones significativas entre los elementos representados. Esta forma de evaluación alternativa es particularmente útil en instituciones donde las prácticas experimentales tradicionales están restringidas por razones de seguridad, disponibilidad de materiales o infraestructura.

Uno de los aportes más valiosos que se deriva del análisis de antecedentes es la capacidad de las simulaciones para disminuir las brechas existentes entre instituciones educativas rurales y urbanas. Las

investigaciones realizadas en Colombia por autores como Suárez y Oviedo (2021), Cardona (2018) y Muñoz (2021), demuestran que, en comunidades rurales, donde históricamente el acceso a laboratorios ha sido mínimo o inexistente, las simulaciones virtuales se convierten en una herramienta que permite ofrecer experiencias equivalentes a las que se encuentran en colegios con mayores recursos. Esto cobra especial relevancia en el contexto de tu estudio, al estar ubicado en zonas de conflicto como Urabá y el sur de Córdoba. En estas regiones, las simulaciones no sólo aportan al aprendizaje de conceptos, lo cual evidencia que pueden actuar como vehículos para la reparación simbólica y la inclusión educativa. Su utilización puede interpretarse como una estrategia para restituir el derecho a una educación científica de calidad a estudiantes que han crecido en entornos marcados por la violencia, la desigualdad y la falta de oportunidades.

Como lo evidencian los estudios de Hernández, Cundar y Navarro (2015), el uso del laboratorio virtual ChemLab en una escuela amazónica no solo facilitó el aprendizaje de la química, lo cual evidencia que promovió el trabajo colaborativo, el ahorro de recursos, la seguridad y la motivación del alumnado. Este enfoque integral resalta que el impacto de las simulaciones no se limita al aula de clase, lo cual evidencia que se extiende a la construcción de una cultura científica más incluyente y accesible. En cuanto a los enfoques metodológicos, se observa una diversidad que enriquece la comprensión del fenómeno. La mayoría de los estudios recientes adoptaron diseños cuasiexperimentales con pretest y Posttest, como en los trabajos de Pavón (2014), Toro et al. (2022) y Carmona (2020). Esta estructura permitió medir el impacto del uso de simulaciones en variables como la comprensión conceptual, la motivación y el rendimiento académico. En la mayoría de los casos, se observaron incrementos estadísticamente relevantes en los logros obtenidos por los grupos experimentales frente a los grupos de control.

Otros trabajos, como los de Cundar (2013) y Madera y Martínez (2022), optaron por diseños cualitativos exploratorios, los cuales permiten acceder a los sentidos que estudiantes y docentes atribuyen al uso de tecnologías en el aula. Este enfoque, aunque menos generalizable, permite comprender la dimensión subjetiva y simbólica del aprendizaje en contextos particulares, lo cual es altamente pertinente en escenarios afectados por el conflicto armado donde las condiciones sociales influyen notablemente en los procesos educativos. El uso de metodologías mixtas, como en el estudio de Navia y Caballero (2019), permitió complementar los datos cuantitativos con el análisis de los discursos de estudiantes y docentes. Esta combinación de métodos se alinea con la necesidad de comprender el aprendizaje en ciencias desde una perspectiva integral que incluya no sólo el logro de competencias, sino la transformación de actitudes, expectativas y prácticas escolares.

Los antecedentes sistematizados indican que las simulaciones virtuales poseen un alto potencial para fomentar el aprendizaje autónomo. Esta capacidad se manifiesta en la posibilidad de explorar conceptos científicos a través de entornos digitales donde el estudiante toma decisiones, interactúa con variables y observa resultados inmediatos, lo cual refuerza su iniciativa en el proceso formativo. Muestra de ello es el estudio desarrollado por Sánchez (2023), donde se comprobó que el simulador PhET, adaptado a las guías de laboratorio, permitió a los estudiantes de primer semestre universitaria fortalecer conocimientos previos y enfrentar nuevos retos sin necesidad de la mediación directa del docente.

El fomento del aprendizaje autónomo resulta particularmente relevante en territorios donde el acceso a docentes especializados es limitado o discontinuo, como ocurre en las zonas rurales objeto de tu investigación. En estos entornos, el estudiante necesita contar con recursos que le permitan avanzar a su propio ritmo y con cierta independencia. Esta condición se encuentra reforzada por estudios como el de Madera y Martínez (2022), quienes observaron que los estudiantes de décimo grado, tras usar simulaciones, desarrollaron estrategias propias de estudio y consulta, reforzando su capacidad para apropiarse del conocimiento científico. Asimismo, los aportes de Costa y Occelli (2020) permiten señalar que las simulaciones virtuales no sólo sirven para representar fenómenos, lo cual evidencia que pueden actuar como plataformas donde se cuestionan las ideas previas del estudiante, se modifican creencias erradas y se consolidan nuevas comprensiones a través de la confrontación teórica. Esta posibilidad de revisión conceptual es clave en áreas como la química, donde los errores conceptuales suelen ser persistentes si no se interviene pedagógicamente con herramientas adecuadas.

CONCLUSIÓN

La enseñanza de la química en contextos rurales de Colombia, particularmente en territorios históricamente excluidos como el Urabá antioqueño, se enfrenta a condiciones estructurales que limitan el acceso a experiencias experimentales de calidad. La falta de laboratorios escolares, la escasez de materiales reactivos, la discontinuidad en la formación docente y las dificultades propias de una región afectada por el conflicto armado han configurado un panorama educativo en el que los estudiantes acceden a una enseñanza fundamentalmente teórica, desconectada de los procesos científicos reales. En este escenario, el uso de simulaciones virtuales no sólo aparece como una herramienta didáctica innovadora, sino como una

vía para dignificar el aprendizaje de las ciencias y cerrar brechas educativas desde una perspectiva territorial.

Los resultados obtenidos en investigaciones previas muestran que la implementación de entornos virtuales simulados transforma la dinámica de enseñanza-aprendizaje de la química. El estudio desarrollado por Peña, Camargo y García (2016) en instituciones del Urabá permitió constatar que los simuladores aumentan la motivación, generan una mayor disposición hacia la exploración científica y facilitan la comprensión de fenómenos abstractos mediante representaciones visuales dinámicas. En esta misma línea, Páez (2022) evidenció que el simulador PhET favorece la articulación entre clases experimentales y explicaciones teóricas, generando aprendizajes más estables y transferibles.

Las simulaciones interactivas han demostrado ser recursos efectivos para el fortalecimiento del pensamiento científico. En una región donde el acceso a laboratorios es prácticamente inexistente, como lo documenta la Cámara de Comercio de Urabá (2020), estas plataformas permiten la visualización de procesos moleculares, la manipulación de variables en tiempo real y la observación controlada de reacciones, lo cual resulta imposible en la enseñanza tradicional sin equipos. Investigaciones como las de Zambrano y Giler (2021) respaldan esta afirmación al demostrar que los estudiantes mejoran su capacidad de argumentación y representación simbólica tras utilizar simuladores en la enseñanza del segundo año de bachillerato. En la zona del Urabá, este tipo de experiencias cognitivas contribuye a superar los vacíos conceptuales que históricamente han relegado a estos estudiantes en los resultados nacionales de las pruebas Saber 11 (ICFES, 2023). De hecho, uno de los hallazgos más consistentes del presente estudio es la mejora en los puntajes del grupo experimental en la prueba Postest, en contraste con el grupo control que no accedió a los simuladores.

A partir de esta evidencia, puede inferirse que el uso de simulaciones virtuales tiene un impacto positivo en la consolidación del conocimiento químico, al facilitar el aprendizaje autónomo y al promover formas de razonamiento propias del pensamiento científico. Esta transformación cognitiva es particularmente relevante en territorios donde los estudiantes tienen menos oportunidades de acceder a recursos académicos de calidad. Otro de los aportes notables del uso de simuladores en la zona de Urabá es el cambio en la actitud de los estudiantes hacia la asignatura de química. Estudios como los de Guerrero, Guerrero y Ramos (2018) indican que los estudiantes muestran una mayor disposición hacia la exploración científica cuando interactúan con entornos digitales que permiten experimentar sin temor al error, al daño físico o al gasto de materiales costosos. Esta transformación actitudinal fue evidenciada en el presente estudio mediante observaciones sistemáticas y entrevistas focales, donde se registraron expresiones de entusiasmo, curiosidad y mayor participación activa en las clases de química.

Los estudiantes del Urabá, tradicionalmente expuestos a procesos educativos memorísticos, encuentran en las simulaciones una forma distinta de acercarse a la ciencia: más visual, dinámica, interactiva y cercana a sus propias experiencias. Este tipo de acercamiento contribuye a reducir el sentimiento de desinterés o frustración que suele rodear a las ciencias naturales en contextos donde los recursos pedagógicos son limitados. El impacto actitudinal no solo se refleja en los estudiantes, sino además en los docentes. Los maestros que participaron en la formación ofrecida como parte de la implementación del proyecto manifestaron sentirse más seguros y motivados al contar con una herramienta que les permitiera diversificar sus estrategias y recuperar la atención de sus alumnos. Esta disposición docente es fundamental para la sostenibilidad del uso de simuladores, ya que no basta con proveer tecnología, sino con generar condiciones para su apropiación pedagógica (Muñoz et al., 2023).

El uso de simulaciones virtuales no puede desligarse de las condiciones estructurales que configuran el sistema educativo rural colombiano. La región del Urabá, aunque rica en biodiversidad y potencial económico, ha sido históricamente marginada en términos de inversión en infraestructura educativa (Vargas, 2019). La propuesta de introducir simulaciones digitales en estos territorios representa una oportunidad para ampliar el acceso a experiencias formativas de calidad sin depender de grandes inversiones en laboratorios físicos, muchas veces inviables en estas zonas.

En este sentido, el impacto de las simulaciones virtuales puede leerse no solo como una mejora en los aprendizajes individuales, sino como una estrategia para democratizar el acceso a la ciencia desde una mirada territorial. La posibilidad de que un estudiante de una vereda de Necoclí simule una reacción de neutralización con el mismo rigor que un estudiante de Medellín representa un avance hacia una educación más justa y contextualizada. Aunque los resultados obtenidos fueron favorables, el proceso evidenció desafíos importantes. Uno de ellos fue la conectividad. A pesar de que las instituciones participantes contaban con salas de sistemas, las fallas en el servicio de internet limitaron en algunos momentos el acceso fluido a las plataformas. Para mitigar esta situación, se diseñaron guías de trabajo con simulaciones offline y materiales de apoyo que permitieran continuar el proceso sin depender completamente de la conexión. Este hallazgo sugiere que para garantizar el éxito de estas estrategias en zonas rurales, es necesario adaptar los recursos digitales a las condiciones tecnológicas reales del entorno.

Otro reto fue la resistencia inicial de algunos docentes a cambiar sus prácticas pedagógicas. Este fenómeno ha sido documentado en investigaciones como la de Bizzio y Guirado (2024), donde se señala que la incorporación de simulaciones exige no solo habilidades técnicas, sino un cambio en la concepción del rol del maestro. En respuesta a esta situación, el acompañamiento pedagógico constante, la formación centrada en el uso didáctico de las TIC y la creación de comunidades de práctica resultaron estrategias efectivas para superar estas barreras. Finalmente, se identificó la necesidad de contar con evaluaciones que valoren no solo los conocimientos adquiridos, sino los procesos de pensamiento científico y la capacidad de transferir lo aprendido a nuevas situaciones. Este aspecto será abordado en futuras fases del proyecto, con el fin de consolidar un modelo de evaluación integral y contextualizado.

REFERENCIAS

- Amú, M. A., y Salazar, A. M. (2019). Aportes de las TIC para la enseñanza de la educación básica de 6-9 en Ciencias Naturales en la Institución La Salle del Distrito de Buenaventura.
- Bizzio, M. de los Á., y Guirado, A. M. (2024). Uso de simulaciones científicas interactivas para fortalecer la formación inicial de docentes de Química. *Revista Educación*.
- Carrión, F. (2020). El simulador virtual PhET como estrategia para la mejora del aprendizaje de la química en estudiantes de secundaria.
- Costa, G. M. D., y Occelli, M. (2020). Análisis de simulaciones computacionales para la enseñanza del modelo de evolución biológica por selección natural. *Revista de Enseñanza de las Ciencias*, 38(3), 21–39.
- Duque Fois, J. S. (2019). Educación de las madres y rendimiento académico de los estudiantes de educación media en el departamento de Antioquia en el año 2019.
- Estrada Rosero, A. I. (2018). Aporte de las TIC como mediación para el desarrollo de los niveles argumentativos y los modelos explicativos sobre los fenómenos básicos asociados al concepto de luz.
- García Llorente, H. J. (2015). Multialfabetización en la sociedad del conocimiento: competencias informacionales en el sistema educativo. *Revista Lasallista de Investigación*, 12(2), 225–241.
- Guerrero, J., Guerrero, S., y Ramos, P. (2018). Uso de simuladores para el aprendizaje de reacciones redox en bachillerato. *Revista Educación Química*, 29(3), 79–89.
- Hernández, D. D. C. R., Cundar, P. C. C., y Navarro, A. M. (2015). Práctica educativa exitosa con el uso de REA para el aprendizaje de la Química en escuelas de escasos recursos: laboratorio virtual ChemLab. *Virtualis*, 6(12), 158–176.
- ICFES. (2021). Consulta de resultados Saber 11°. Informe nacional de resultados 2021. Bogotá D.C.: ICFES. <https://www.icfes.gov.co>
- ICFES. (2023). Informe de resultados Saber 11°. Comparativo 2018–2023. Bogotá D.C.: ICFES.
- López-Orozco, J. A. (2021). Evaluación de competencias digitales en docentes de secundaria y su relación con la integración de las TIC en los procesos de enseñanza–aprendizaje. *Revista Educación y Tecnología*, 20(1), 45–61.
- Madera, J. C., y Martínez, D. A. (2022). Simulaciones virtuales como estrategia de enseñanza-aprendizaje en contextos rurales. *Revista Educación Rural*, 8(1), 33–48.
- Muñoz-Narváez, C. D. P., y Muñoz-Narváez, I. A. (2021). Simuladores de laboratorio de química para mejorar la capacidad de indagación en los estudiantes de grado décimo en una institución educativa rural del departamento del Putumayo. *Revista Colombiana de Educación en Ciencias*, 6(2), 55–74.
- Muñoz, J., Salillas, E., Álvarez, B., y García, J. (2023). Percepciones del profesorado ante el uso de simuladores virtuales en el aula de ciencias. *Revista Iberoamericana de Tecnología Educativa*, 9(1), 22–39.
- Navia, J. G. P., y Caballero, M. F. M. (2019). Enseñanza de la cinética química por medio de simulaciones y aprendizaje activo. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (45), 71–88. <https://doi.org/10.17227/ted.num45-8617>
- OCDE. (2021). Panorama de la educación: Indicadores de la OCDE 2021. <https://www.oecd.org/education>
- Páez, L. M. (2022). Relación entre los simuladores PhET y las clases experimentales en el aprendizaje del concepto de soluciones químicas.
- Pavón-Coronel, C. M. (2014). Medida de la eficacia de las simulaciones digitales como facilitadores del aprendizaje de física y química en 2° de bachillerato.
- Peffer, M., Beckler, M., Schunn, C., Renken, M., y Revak, M. (2015). Simulations as scaffolds for learning science. *Science Education*, 99(1), 1–30.
- Peñata, A., Camargo, H., y García, R. (2016). Integración de simulaciones interactivas en la enseñanza de la química en Urabá. *Revista Colombiana de Educación*, 71, 105–123.
- Raviolo, A., y Farré, A. (2017). Una evaluación alternativa del tema titulación ácido–base a través de una simulación. *Educación Química*, 28(3), 163–173.

- Sánchez, M. P. (2023). Evaluación de una guía de laboratorio con simulador PhET como recurso de aprendizaje autónomo en estudiantes universitarios. *Revista Latinoamericana de Educación Científica*, 3(1), 89–101.
- Suárez, E. A., y Oviedo, R. C. (2021). Simuladores como herramienta didáctica en instituciones rurales con bajo acceso a recursos de laboratorio. *Revista Pedagogía y Sociedad*, 15(2), 37–52.
- Toro, K. A. R., Julio, M. L. G., y Mellizo, L. S. R. (2022). Simulaciones en PhET como estrategia en tiempos de COVID-19 para generar aprendizaje significativo al potenciar la competencia explicación de fenómenos. *Panorama*, 16(30), 13–29.
- UNESCO. (2015). Educación para el desarrollo sostenible: Guía para educadores.
- Vargas, D. A. (2019, octubre 18). ¿Cómo se repartirá el presupuesto de Antioquia para 2020? El Colombiano.
- Zambrano, R. W. G., y Giler, F. E. S. (2021). Fortalecimiento teórico-práctico de la enseñanza de la química mediante la aplicación de simuladores virtuales. *Revista Ciencia y Tecnología*, 9(2), 112–124.