

Artículo Científico

PhET para laboratorios virtuales y realidad aumentada en el aprendizaje de Ciencias Naturales en básica superior

PhET for Virtual Laboratories and Augmented Reality in Science Education for Upper Elementary Students at Tnte. Maximiliano Rodríguez L School



Manzanillas-Jumbo, Cesar Augusto ¹

<https://orcid.org/0009-0001-9398-1789>



cmanzanillasj@ube.edu.ec



Universidad Bolivariana del Ecuador, Ecuador, Guayas.



Maliza-Muñoz, Washington Fernando ³

<https://orcid.org/0000-0003-0970-3450>



wfmalizam@ube.edu.ec



Universidad Bolivariana del Ecuador, Ecuador, Guayas.



Villalva-Sánchez, Christian Fernando ²

<https://orcid.org/0009-0002-2594-2662>



cfvillalvas@ube.edu.ec



Universidad Bolivariana del Ecuador, Ecuador, Guayas.



Mendoza-Nevárez, Liceth Anabell

<https://orcid.org/0009-0008-8888-1178>



lizzymn_90@hotmail.com



Universidad Casa Grande, Ecuador, Guayaquil

Autor de correspondencia ¹



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v4/n3/249>

Resumen: La enseñanza de las Ciencias Naturales en Educación General Básica Superior continúa desarrollándose, en muchos casos, mediante metodologías tradicionales que limitan la experimentación y dificultan la comprensión de fenómenos científicos. Ante esta problemática, el objetivo de la investigación fue demostrar el potencial del uso de laboratorios virtuales mediante simulaciones PhET y actividades de realidad aumentada como estrategia didáctica para fortalecer el aprendizaje de Ciencias Naturales. Se desarrolló un estudio con enfoque mixto, alcance descriptivo-explicativo y diseño cuasiexperimental con pretest y postest aplicado a 96 estudiantes, complementado con entrevistas, observación y análisis mediante la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon. Los resultados evidenciaron un incremento del rendimiento académico (pretest: $M = 13,85$; posttest: $M = 17,03$), diferencias estadísticamente significativas ($Z = -8,545$; $p < .001$) y un tamaño del efecto grande ($d = 1,21$). Estos hallazgos coinciden con investigaciones que destacan la efectividad de los laboratorios virtuales para promover aprendizajes activos y significativos. Se concluye que la integración de simulaciones PhET y actividades de realidad aumentada constituye una estrategia didáctica eficaz para fortalecer el aprendizaje de Ciencias Naturales y favorecer el desarrollo de competencias científicas.

Palabras clave: Aprendizaje, PhET, estrategia, Wilcoxon, didáctica



Check for updates

Received: 27/Jun/2026

Accepted: 24/Jul/2026

Published: 20/Ago/2026

Cita: Manzanillas-Jumbo, C. A., Villalva-Sánchez, C. F., Maliza-Muñoz, W. F., & Mendoza-Nevárez, L. A. (2026). PhET para laboratorios virtuales y realidad aumentada en el aprendizaje de Ciencias Naturales en básica superior. *Revista Científica Ciencia Y Método*, 4(3), 488-504. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v4/n3/249>

Revista Científica Ciencia y Método (RCyM)
<https://revistacym.com>
revistacym@editorialgrupo-aea.com
info@editorialgrupo-aea.com

© 2026. Este artículo es un documento de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons. Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.**



Abstract:

Science teaching in upper elementary education is still largely based on traditional instructional methods that restrict experimentation and hinder students' understanding of scientific phenomena. In response to this problem, the aim of this study was to demonstrate the potential of virtual laboratories based on PhET simulations and augmented reality activities as a teaching strategy to strengthen science learning. A mixed-methods study with a descriptive-explanatory scope and a quasi-experimental pretest-posttest design was conducted with 96 students. Data were complemented through interviews, classroom observation, and analysis using the Wilcoxon Signed-Rank Test. The findings revealed a substantial improvement in academic performance (pretest: $M = 13.85$; posttest: $M = 17.03$), statistically significant differences ($Z = -8.545$; $p < .001$), and a large effect size ($d = 1.21$). These results are consistent with previous studies reporting that virtual laboratories promote active, meaningful, and inquiry-based learning in science education. It is concluded that integrating PhET simulations with augmented reality activities represents an effective teaching strategy for improving science learning and fostering students' scientific competencies in upper elementary education.

Keywords: Learning, PhET, strategy, Wilcoxon, teaching

1. Introducción

La transformación digital de la educación ha impulsado la incorporación de recursos tecnológicos que favorecen experiencias de aprendizaje más activas, contextualizadas y centradas en el estudiante (Erazo-Luzuriaga, 2024). En el área de Ciencias Naturales, el uso de simuladores, laboratorios virtuales y recursos interactivos ha adquirido especial relevancia al facilitar la comprensión de fenómenos científicos que, por su naturaleza, resultan difíciles de observar mediante estrategias tradicionales. Diversos estudios coinciden en que estas tecnologías fortalecen el aprendizaje conceptual, la experimentación y el desarrollo del pensamiento científico (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2020; Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2023).

En los últimos años, los laboratorios virtuales se han consolidado como una alternativa pedagógica capaz de complementar o sustituir determinadas prácticas experimentales, especialmente en instituciones que presentan limitaciones de infraestructura, equipamiento o disponibilidad de materiales. Su utilización permite desarrollar procesos de indagación, manipulación de variables y análisis de resultados en entornos seguros, promoviendo competencias científicas y digitales desde una perspectiva constructivista (Lafita & López, 2026).

Entre los recursos tecnológicos con mayor aceptación internacional destacan las simulaciones interactivas desarrolladas por PhET Interactive Simulations, plataforma diseñada por la Universidad de Colorado Boulder para facilitar el aprendizaje mediante modelos científicos dinámicos e interactivos. Estas simulaciones favorecen la visualización de procesos abstractos, la formulación de hipótesis y la experimentación controlada, fortaleciendo la comprensión conceptual y el aprendizaje basado en la indagación (PhET Interactive Simulations, 2024; Montañez, 2023).

Diversas investigaciones han demostrado que la incorporación de PhET mejora significativamente el rendimiento académico y la comprensión de contenidos relacionados con Física, Química y Ciencias Naturales (Chinaka, 2021). Los estudiantes muestran mayores niveles de motivación, participación y autonomía cuando interactúan con simulaciones que permiten modificar variables y observar inmediatamente las consecuencias de dichas modificaciones, favoreciendo procesos de aprendizaje significativo y resolución de problemas científicos (Ponce y Navarrete, 2025; Mejía, 2022).

Desde la perspectiva pedagógica, la integración de simuladores virtuales responde a los fundamentos del constructivismo y del aprendizaje por descubrimiento, al situar al estudiante como protagonista de la construcción del conocimiento. La interacción permanente entre observación, experimentación, análisis y retroalimentación inmediata contribuye al fortalecimiento del pensamiento crítico, la argumentación científica y la toma de decisiones fundamentadas, competencias consideradas esenciales para la educación del siglo XXI (Trujillo et al., 2023).

No obstante, la evidencia científica también señala que el impacto de estas herramientas depende en gran medida de la planificación didáctica realizada por el docente. La utilización de simuladores sin una estrategia metodológica claramente estructurada puede reducirse a actividades demostrativas con escasa incidencia en el aprendizaje. Asimismo, persisten desafíos relacionados con las competencias digitales docentes, la disponibilidad tecnológica y la integración curricular de estos recursos (Mejía, 2022; UNESCO, 2023).

En el contexto ecuatoriano, la incorporación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación constituye un principio orientador del sistema educativo. La Constitución de la República del Ecuador establece la obligación del Estado de promover el uso de las tecnologías en los procesos educativos, mientras que la Ley Orgánica de Educación Intercultural enfatiza la alfabetización digital y la integración de recursos tecnológicos como parte del fortalecimiento de la calidad educativa (Asamblea Nacional del Ecuador, 2021).

A pesar del creciente número de investigaciones sobre simuladores virtuales, todavía existe una limitada evidencia empírica respecto a la implementación articulada de laboratorios virtuales basados en PhET con actividades apoyadas en realidad aumentada para fortalecer el aprendizaje de Ciencias Naturales en estudiantes de Educación General Básica Superior, particularmente en instituciones públicas del

contexto ecuatoriano. Esta brecha científica justifica la necesidad de desarrollar investigaciones que permitan valorar su impacto mediante diseños metodológicos sustentados en evidencia cuantitativa y cualitativa (Lafita & López, 2026; Ponce y Navarrete, 2025).

En el Colegio "Tnte. Maximiliano Rodríguez L" se identificó que la enseñanza de Ciencias Naturales continúa desarrollándose principalmente mediante metodologías expositivas, con un uso limitado de recursos tecnológicos orientados a la experimentación científica. Esta situación restringe las oportunidades para que los estudiantes comprendan procesos biológicos y fenómenos naturales mediante experiencias prácticas, afectando el desarrollo de competencias científicas y el aprendizaje significativo, aspectos evidenciados durante el diagnóstico institucional realizado en la presente investigación (Diab et al., 2024).

En consecuencia, se plantea como problema de investigación: ¿De qué manera el uso de laboratorios virtuales mediante simulaciones PhET, complementadas con actividades de realidad aumentada, contribuye al aprendizaje de los estudiantes de Educación General Básica Superior del Colegio "Tnte. Maximiliano Rodríguez"? En correspondencia con este planteamiento, el objetivo general consiste en demostrar el potencial del uso de PhET en laboratorios virtuales y actividades de realidad aumentada como estrategia didáctica para fortalecer el aprendizaje en Ciencias Naturales en estudiantes de Básica Superior del Colegio "Tnte. Maximiliano Rodríguez L".

2. Materiales y métodos

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, integrando procedimientos cuantitativos y cualitativos para analizar de manera integral la incidencia de los laboratorios virtuales mediante simulaciones PhET y actividades de realidad aumentada en el aprendizaje de Ciencias Naturales. Este enfoque permitió combinar la medición del rendimiento académico con la comprensión de las percepciones docentes y las dinámicas observadas durante el proceso educativo (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2020; Guerra- Guerra, 2026).

El estudio presentó un alcance descriptivo-explicativo. El componente descriptivo permitió caracterizar el nivel de aprendizaje de los estudiantes antes y después de la intervención, mientras que el componente explicativo posibilitó analizar la influencia de la estrategia didáctica sobre los resultados alcanzados en Ciencias Naturales (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2020).

Se empleó un diseño cuasiexperimental con un solo grupo y mediciones de pretest y postest. Este diseño permitió valorar los cambios producidos después de la implementación de la estrategia didáctica basada en simulaciones PhET, al comparar el desempeño académico de los estudiantes antes y después de la intervención pedagógica (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2020).

La población estuvo conformada por 96 estudiantes de Educación General Básica Superior y tres docentes del área de Ciencias Naturales del Colegio "Tnte. Maximiliano Rodríguez". Debido a que la población era finita y totalmente accesible, se trabajó mediante un censo poblacional, sin necesidad de aplicar procedimientos de muestreo.

Para la recolección de la información cuantitativa se utilizó la técnica de la encuesta mediante un cuestionario estructurado aplicado como pretest y postest. En el componente cualitativo se empleó una entrevista semiestructurada dirigida a los docentes y una ficha de observación para registrar las características del proceso de enseñanza y aprendizaje (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2020).

La validez de contenido del cuestionario fue determinada mediante juicio de expertos y analizada utilizando el coeficiente V de Aiken. Los valores obtenidos oscilaron entre 0,80 y 0,925, alcanzando un promedio general de 0,875, lo que evidencia adecuados niveles de claridad, pertinencia y relevancia del instrumento para evaluar el aprendizaje en Ciencias Naturales (Penfield & Giacobbi, 2004).

La intervención pedagógica se desarrolló durante cuatro semanas. Inicialmente se aplicó el pretest como diagnóstico, posteriormente se implementaron actividades con simulaciones PhET y recursos de realidad aumentada, y finalmente se administró el postest utilizando el mismo instrumento para identificar los cambios producidos en el aprendizaje de los estudiantes (Kaldaras et al., 2024).

Durante el proceso también se realizaron observaciones de aula y entrevistas a los docentes con el propósito de complementar la información cuantitativa. La integración de ambas fuentes permitió contrastar los resultados desde diferentes perspectivas y fortalecer la interpretación del fenómeno educativo mediante triangulación metodológica (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2020).

El procesamiento de la información cuantitativa se efectuó mediante IBM SPSS Statistics. Inicialmente se calcularon estadísticos descriptivos, incluyendo media, desviación estándar, valores mínimos y máximos de las calificaciones obtenidas en el pretest y el postest (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2020).

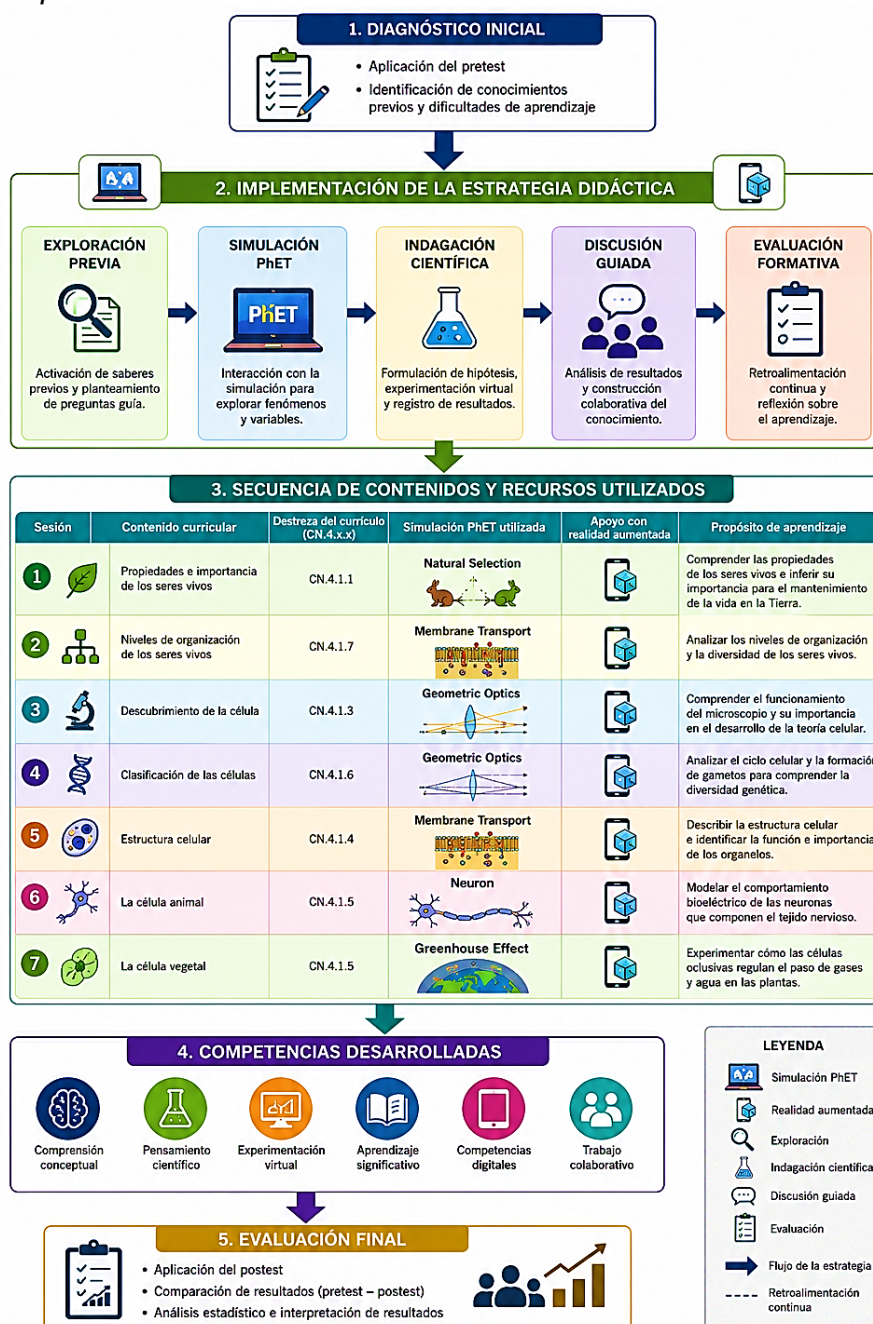
Posteriormente, considerando que las puntuaciones no presentaron una distribución normal, se aplicó la prueba no paramétrica de los rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas, utilizando un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$. Además, se estimó el tamaño del efecto mediante el coeficiente r de Rosenthal para determinar la magnitud práctica de la intervención pedagógica.

Finalmente, la información cualitativa obtenida mediante las entrevistas y la observación fue analizada mediante análisis de contenido, estableciendo categorías temáticas relacionadas con el uso de los laboratorios virtuales, las competencias digitales docentes y la participación estudiantil. Posteriormente, estos resultados fueron integrados con la evidencia cuantitativa para fortalecer la consistencia y credibilidad de los hallazgos (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2020).

Estrategia didáctica basada en simulaciones PhET y actividades de realidad aumentada

Se plantean las principales actividades que corresponden al desarrollo de las actividades con el uso de las simulaciones PhET con una secuencia de temas y relacionadas al logro de las destrezas que establece el currículo ecuatoriano vigente en la Ciencias Naturales (Ministerio de Educación del Ecuador, 2016). De igual manera, la figura 1 ilustra la configuración metodológica, con la finalidad de estructurar el procedimiento desarrollado.

Figura 1
Diseño de propuesta



Nota: (Autores, 2026).

Tabla 1

Bloque temático de la propuesta

Tema	Los seres vivos	Destrezas e inserciones	Referencia de las Clases brindadas
1	Propiedades e importancia	CN.4.1.1. Indagar y explicar las propiedades de los seres vivos e inferir su importancia para el mantenimiento de la vida en la Tierra.	https://phet.colorado.edu/sims/html/natural-selection/latest/natural-selection_all.html?locale=es Para abordar el microscopio, el descubrimiento celular y los componentes de las membranas biológicas, utiliza el simulador interactivo especializado
2	Niveles de organización de los seres vivos.	CN.4.1.7. Analizar los niveles de organización y diversidad de los seres vivos y clasificarlos en grupos taxonómicos, de acuerdo con las características observadas a simple vista y las invisibles para el ojo humano.	https://phet.colorado.edu/sims/html/membrane-transport/latest/membrane-transport_all.html?locale=es Para enseñar cómo las propiedades biológicas de los seres vivos permiten su supervivencia y continuidad ante factores ambientales, utiliza el simulador interactivo
3	Descubrimiento de la célula	CN.4.1.3. Reseña histórica desde la invención del microscopio por Zacharias Janssen hasta los postulados de la Teoría Celular.	https://phet.colorado.edu/es/simulations/geometric-optics Para comprender cómo el juego de lentes cóncavas y convexas inventado por Janssen logra magnificar las células y estructuras microscópicas, utiliza el simulador interactivo.
4	Clasificación de las células	CN.4.1.6. Analizar el proceso del ciclo celular e investigar experimentalmente los ciclos celulares mitótico y meiótico, describirlos y establecer su importancia en la proliferación celular y en la	https://phet.colorado.edu/sims/html/geometric-optics/latest/geometric-optics_all.html?locale=es Para comprender cómo los genes se distribuyen de forma aleatoria durante la formación de gametos aportando diversidad, utiliza el simulador interactivo.

5	Estructura celular	 formación de gametos. CN.4.1.4. Describir, con apoyo de modelos, la estructura de las células animales y vegetales, reconocer sus diferencias y explicar las características, funciones e importancia de los organelos.	https://phet.colorado.edu/sims/html/membrane-transport/latest/membrane-transport_all.html?locale=es Para analizar la membrana celular (presente en ambas) en contraste con la pared celular (exclusiva de plantas) y cómo regulan la homeostasis interna, utiliza el simulador interactivo.
6	La célula animal	 CN.4.1.5. Diseñar y ejecutar una indagación experimental y explicar las clases de tejidos animales y vegetales, diferenciándolos por sus características, funciones y ubicación.	https://phet.colorado.edu/sims/html/neuron/latest/neuron_all.html?locale=es Para modelar de forma experimental el comportamiento bioeléctrico de las neuronas que componen el tejido nervioso, utiliza el simulador interactivo.
7	La célula vegetal	 CN.4.1.5. Diseñar y ejecutar una indagación experimental y explicar las clases de tejidos animales y vegetales, diferenciándolos por sus características, funciones y ubicación.	https://phet.colorado.edu/sims/html/greenhouse-effect/latest/greenhouse-effect_all.html?locale=es Para experimentar cómo las células oclusivas del tejido epidérmico de la hoja regulan el paso de gases y agua, utiliza el simulador interactivo

Nota: (Autores, 2026).

La secuencia didáctica fue organizada siguiendo una progresión conceptual que inició con las propiedades generales de los seres vivos y avanzó gradualmente hacia contenidos de mayor complejidad relacionados con la organización celular, los procesos biológicos y la diferenciación de tejidos. Esta organización permitió que los estudiantes construyeran los nuevos conocimientos de forma progresiva,

aprovechando las posibilidades de exploración, manipulación y experimentación que ofrecen las simulaciones PhET.

3. Resultados

Los resultados obtenidos permitieron valorar la incidencia de la estrategia didáctica basada en simulaciones PhET y actividades de realidad aumentada sobre el aprendizaje de Ciencias Naturales en estudiantes de Educación General Básica Superior. Para ello, se integró la información procedente de la observación, las entrevistas a docentes y los instrumentos cuantitativos aplicados antes y después de la intervención pedagógica, permitiendo analizar el fenómeno desde una perspectiva complementaria.

Tabla 2
Ficha de observación a los Docentes

Sujeto de estudio	Dimensión: Enseñanza (Estrategias Docentes)	Dimensión: Aprendizaje(Respuesta Estudiante)	Conclusión del Diagnostico
Docente 1	No desarrolla contenidos con las TIC. Uso de metodologías tradicionales	Interés y participación activa en el autoaprendizaje	Brecha Pedagógica: El estudiante supera la oferta tecnológica del aula
Docente 2	Omisión de herramientas tecnológicas para la ejecución de la clase	El estudiante demuestra empeño y motivación por usar entornos virtuales	Oportunidad: La motivación del alumno es la base para la intervención.
Docente 3	Habilidades Digitales no aplicadas en el desarrollo curricular	Capacidad latente para ejecutar actividades mediante el uso de las TIC	Fortaleza Clave: Viabilidad absoluta para la implementación de una propuesta digital.

Nota: (Autores, 2026).

Luego de la observación realizada durante el desarrollo de las clases de Ciencias Naturales, se evidenció que el proceso de enseñanza continúa sustentándose principalmente en metodologías tradicionales, caracterizadas por una escasa incorporación de recursos tecnológicos y estrategias de experimentación digital. En contraste, los estudiantes manifestaron una elevada disposición para participar en actividades apoyadas en tecnologías educativas, mostrando interés por ambientes de aprendizaje más dinámicos e interactivos.

Los hallazgos permitieron identificar una brecha entre las prácticas pedagógicas implementadas por los docentes y las expectativas de aprendizaje de los estudiantes. Mientras el profesorado mantiene un uso limitado de herramientas digitales durante la enseñanza de Ciencias Naturales, los estudiantes demostraron habilidades para desenvolverse en entornos virtuales y predisposición hacia metodologías activas, situación que constituye una oportunidad para fortalecer la innovación pedagógica mediante laboratorios virtuales.

Tabla 3*Síntesis de la entrevista aplicada a los docentes*

Categoría	Hallazgos principales
Plataformas utilizadas	Los docentes utilizan principalmente Microsoft Teams para apoyar las actividades académicas.
Valoración pedagógica	Consideran que las plataformas virtuales facilitan la organización de las clases y la comunicación con los estudiantes.
Competencias digitales	Reconocen limitaciones en el dominio de herramientas especializadas para la experimentación científica.
Aporte aprendizaje	al Identifican que los recursos tecnológicos favorecen la participación y motivación estudiantil.
Dificultades	Señalan limitaciones relacionadas con la capacitación y el manejo técnico de plataformas educativas.

Nota: (Autores, 2026).

Los resultados de las entrevistas evidenciaron que la utilización de plataformas virtuales forma parte de las prácticas habituales de los docentes; sin embargo, su uso se orienta principalmente hacia la gestión de contenidos y la comunicación académica, más que hacia el desarrollo de actividades experimentales. Asimismo, los participantes reconocieron la necesidad de fortalecer sus competencias digitales para incorporar herramientas especializadas que favorezcan la enseñanza de las Ciencias Naturales.

La integración de la información procedente de la observación y las entrevistas permitió establecer que las principales limitaciones del proceso de enseñanza no se relacionan con la disposición de los estudiantes para utilizar recursos tecnológicos, sino con la escasa incorporación de estrategias didácticas innovadoras durante el desarrollo de las clases (Silva Alvarado & Herrera Navas, 2022). Estos resultados justifican la implementación de intervenciones pedagógicas basadas en laboratorios virtuales que promuevan procesos de aprendizaje más activos y significativos.

3.1. Diagnóstico del aprendizaje de los estudiantes

El diagnóstico inicial permitió establecer el nivel de desempeño académico de los estudiantes antes de la implementación de la estrategia didáctica basada en simulaciones PhET y actividades de realidad aumentada. Para ello, se aplicó un cuestionario como pretest, cuyos resultados constituyeron la línea base para valorar posteriormente los cambios generados por la intervención pedagógica.

Tabla 4*Estadísticos descriptivos*

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Pretest	96	10,00	19,00	13,8542	2,20993
Post-test	96	14,00	20,00	17,0313	1,74388
N válido (por lista)	96				

Nota: (Autores, 2026).

Los estadísticos descriptivos muestran que, antes de la intervención, los estudiantes obtuvieron una calificación media de 13,85 puntos, con una desviación estándar de 2,21, evidenciando un nivel de aprendizaje moderado y cierta variabilidad entre los

resultados individuales. Después de la aplicación de la estrategia didáctica, la media se incrementó hasta 17,03 puntos, mientras que la desviación estándar disminuyó a 1,74, reflejando un mejor desempeño académico y una mayor homogeneidad en los aprendizajes alcanzados por el grupo.

La comparación entre ambos momentos también evidencia un incremento en la calificación mínima, que pasó de 10 a 14 puntos, mientras que la puntuación máxima alcanzó los 20 puntos en el posttest. Estos resultados permiten inferir que la estrategia didáctica benefició no solamente a los estudiantes con mejor rendimiento, sino también a quienes inicialmente presentaban mayores dificultades de aprendizaje, favoreciendo un progreso académico más equilibrado.

Tabla 5

Distribución de estudiantes según el nivel de desempeño académico antes y después de la intervención.

Rango de Calificación / Desempeño	Estudiantes en Pretest	Estudiantes en Postest
Dominio Alto (19-20)	1 estudiante (1.04%)	25 estudiante (26.04%)
Dominio Medio (17-18)	14 estudiantes (14.58%)	33 estudiantes (34.38%)
Dominio bajo (menos de 16)	81 estudiantes (84.38%)	38 estudiantes (39.58%)

Nota: (Autores, 2026).

Los resultados evidencian que, durante el diagnóstico inicial, 81 estudiantes (84,38 %) se ubicaban en el nivel de dominio bajo, mientras que únicamente un estudiante (1,04 %) alcanzaba un nivel de dominio alto. Esta distribución refleja las dificultades existentes para comprender los contenidos de Ciencias Naturales mediante metodologías predominantemente tradicionales.

Después de la implementación de la estrategia basada en simulaciones PhET, la distribución del rendimiento presentó cambios importantes. El número de estudiantes ubicados en el nivel de dominio alto aumentó hasta 25 (26,04 %), mientras que el porcentaje correspondiente al nivel de dominio bajo disminuyó a 39,58 %. Paralelamente, el nivel de dominio medio incrementó su representación hasta alcanzar el 34,38 % de los estudiantes evaluados, evidenciando una mejora progresiva del aprendizaje.

En términos pedagógicos, estos resultados demuestran que la intervención favoreció una redistribución positiva del rendimiento académico, desplazando a una proporción considerable de estudiantes desde los niveles de menor desempeño hacia niveles de dominio medio y alto. Este comportamiento confirma que las simulaciones virtuales facilitaron la comprensión de contenidos científicos mediante experiencias de aprendizaje más activas, interactivas y contextualizadas (Fuentes-Rendón et al., 2025).

3.2. Contrastación de la hipótesis

Con el propósito de determinar si las diferencias observadas entre las calificaciones obtenidas en el pretest y el postest eran estadísticamente significativas, se aplicó la prueba no paramétrica de los rangos con signo de Wilcoxon para muestras

relacionadas. La selección de esta prueba obedeció a que las puntuaciones no presentaron una distribución normal, por lo que resultó el procedimiento más adecuado para comparar mediciones repetidas en un mismo grupo de estudiantes.

Tabla 6

Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas.

	Pretest – Post-test
Z	-8,545 ^b
Sig. asin. (bilateral)	,001

Nota: (Autores, 2026).

Los resultados evidenciaron un estadístico $Z = -8,545$ con un nivel de significancia bilateral inferior a 0,001, resultado que demuestra la existencia de diferencias altamente significativas entre las calificaciones obtenidas antes y después de la intervención pedagógica. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación, confirmando que la implementación de simulaciones PhET favoreció significativamente el aprendizaje de Ciencias Naturales en los estudiantes participantes.

El análisis de los rangos mostró que la totalidad de los estudiantes obtuvo calificaciones superiores en el postest con respecto al pretest, lo que evidencia una mejora generalizada del rendimiento académico después de la aplicación de la estrategia didáctica. Este comportamiento confirma que el efecto de la intervención no se limitó a un grupo específico de estudiantes, sino que benefició al conjunto de la población evaluada.

Con el fin de valorar la importancia práctica de los resultados obtenidos, se estimó el tamaño del efecto mediante el coeficiente r de Rosenthal, alcanzándose un valor de 0,617. Este resultado corresponde a un efecto grande, indicando que la estrategia didáctica produjo un impacto relevante sobre el aprendizaje y que las diferencias observadas poseen no solo significancia estadística, sino también importancia educativa.

Desde una perspectiva pedagógica, el tamaño del efecto obtenido permite afirmar que la incorporación de laboratorios virtuales mediante simulaciones PhET favoreció procesos de aprendizaje más activos y participativos, facilitando la comprensión de contenidos científicos mediante la experimentación, la manipulación de variables y la visualización de fenómenos naturales. En consecuencia, la mejora observada trasciende el incremento de las calificaciones y refleja un fortalecimiento de los procesos de construcción del conocimiento científico.

Los resultados obtenidos confirman la efectividad de la estrategia didáctica implementada y evidencian que el uso de simulaciones interactivas constituye una alternativa pedagógica pertinente para fortalecer el aprendizaje de Ciencias Naturales en estudiantes de Educación General Básica Superior. Asimismo, la magnitud del efecto alcanzado respalda la incorporación de este tipo de recursos digitales como complemento de las prácticas experimentales desarrolladas en el aula.

La integración de la información obtenida mediante la observación, las entrevistas y el análisis cuantitativo permitió construir una visión integral del proceso investigativo. Desde el diagnóstico cualitativo se identificó un predominio de metodologías tradicionales y un uso limitado de recursos tecnológicos por parte de los docentes; sin embargo, también se evidenció una elevada motivación y disposición de los estudiantes para participar en actividades mediadas por tecnologías digitales.

En el componente cuantitativo, el análisis descriptivo mostró un incremento de la media de las calificaciones y una disminución de la dispersión de los resultados, mientras que la comparación de los niveles de desempeño evidenció un desplazamiento progresivo de los estudiantes desde el nivel de dominio bajo hacia los niveles medio y alto. Estos hallazgos fueron confirmados mediante la prueba de Wilcoxon, la cual demostró que las diferencias observadas fueron estadísticamente significativas y acompañadas de un tamaño del efecto considerado grande.

La triangulación de la evidencia cualitativa y cuantitativa permitió concluir que la mejora del aprendizaje no respondió únicamente al incremento de las calificaciones, sino también a cambios observados en la participación, el interés y la interacción de los estudiantes durante las actividades experimentales. En conjunto, los resultados demuestran que la integración de simulaciones PhET y actividades de realidad aumentada constituye una estrategia didáctica efectiva para favorecer el aprendizaje significativo de las Ciencias Naturales en el contexto investigado.

4. Discusión

Los resultados obtenidos demostraron que la implementación de simulaciones PhET y actividades de realidad aumentada favoreció significativamente el aprendizaje de Ciencias Naturales, evidenciado por el incremento del rendimiento académico entre el pretest y el postest. Estos hallazgos confirman que la incorporación de recursos tecnológicos interactivos fortalece la comprensión conceptual y facilita la construcción de aprendizajes significativos mediante procesos de experimentación virtual y aprendizaje activo (Ponce & Navarrete, 2025; PhET Interactive Simulations, 2024).

La mejora observada en las calificaciones coincide con lo reportado por Trujillo et al. (2023), quienes concluyeron que los simuladores virtuales potencian las competencias de indagación científica al permitir que los estudiantes manipulen variables y analicen los resultados obtenidos en tiempo real. De manera similar, Montañez (2023) sostiene que las simulaciones favorecen la comprensión de fenómenos abstractos al representar procesos científicos mediante modelos dinámicos que facilitan la visualización y el razonamiento científico (Ben Ouahi et al., 2021).

Desde la perspectiva metodológica, la disminución de la dispersión de las calificaciones obtenidas en el postest indica que la estrategia didáctica benefició a estudiantes con distintos niveles de desempeño. Este comportamiento evidencia que las simulaciones virtuales favorecen procesos de aprendizaje más equitativos, al

ofrecer múltiples oportunidades para explorar, repetir procedimientos y recibir retroalimentación inmediata durante la construcción del conocimiento (Mejía, 2022).

Los resultados de la prueba de Wilcoxon demostraron diferencias altamente significativas entre las evaluaciones realizadas antes y después de la intervención. Este hallazgo confirma que las mejoras observadas difícilmente pueden atribuirse al azar y respaldan la efectividad de la estrategia implementada. Asimismo, el tamaño del efecto obtenido evidencia que la intervención produjo una influencia relevante sobre el aprendizaje, aspecto que coincide con investigaciones recientes que destacan la capacidad de los laboratorios virtuales para transformar los procesos de enseñanza de las ciencias experimentales (Ponce & Navarrete, 2025; Lafita & López, 2026).

Desde el componente cualitativo, la investigación permitió identificar una discrepancia entre las prácticas pedagógicas desarrolladas por los docentes y las expectativas de aprendizaje de los estudiantes. Mientras la observación evidenció un uso limitado de recursos tecnológicos durante las clases, las entrevistas reflejaron una valoración positiva hacia las plataformas digitales y el reconocimiento de la necesidad de fortalecer las competencias digitales docentes. Estos resultados coinciden con lo planteado por la UNESCO (2023), que señala la formación docente como un factor determinante para la integración efectiva de las tecnologías en los procesos educativos, destacan que el potencial de los laboratorios virtuales depende de una adecuada planificación didáctica (Ben Ouahi et al., 2022).

La elevada motivación manifestada por los estudiantes durante la implementación de las simulaciones confirma que los recursos digitales favorecen ambientes de aprendizaje más participativos e interactivos. Este comportamiento puede explicarse desde los principios del constructivismo, al promover que el estudiante construya el conocimiento mediante la exploración, la formulación de hipótesis y la experimentación sobre situaciones cercanas a la realidad. En este sentido, las simulaciones constituyen un medio para transformar contenidos tradicionalmente abstractos en experiencias de aprendizaje comprensibles y contextualizadas (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2020; PhET Interactive Simulations, 2024).

Otro aspecto relevante fue la incorporación complementaria de actividades apoyadas en realidad aumentada, las cuales enriquecieron la experiencia educativa al ampliar las posibilidades de interacción con los contenidos científicos. La combinación de laboratorios virtuales y recursos inmersivos permitió fortalecer la comprensión de procesos biológicos y fenómenos naturales desde una perspectiva experiencial, favoreciendo el desarrollo de competencias científicas y digitales acordes con las demandas educativas actuales (Lafita & López, 2026; UNESCO, 2023).

En conjunto, los resultados obtenidos permiten afirmar que la estrategia didáctica implementada constituye una alternativa pedagógica pertinente para la enseñanza de las Ciencias Naturales en Educación General Básica Superior. La convergencia entre la evidencia cuantitativa y cualitativa demuestra que el uso de simulaciones PhET,

complementadas con actividades de realidad aumentada, no solo incrementa el rendimiento académico, sino que también favorece la participación, la motivación y la construcción activa del conocimiento científico, aspectos que fortalecen la calidad del proceso educativo (Almasri, 2022).

5. Conclusiones

La implementación de la estrategia didáctica basada en simulaciones PhET y actividades de realidad aumentada fortaleció significativamente el aprendizaje de Ciencias Naturales en los estudiantes de Educación General Básica Superior del Colegio "Tnte. Maximiliano Rodríguez". La comparación entre el pretest y el posttest, corroborada mediante la prueba de Wilcoxon y el tamaño del efecto obtenido, evidenció mejoras estadísticamente significativas en el rendimiento académico, confirmando la efectividad de la intervención para favorecer la comprensión de los contenidos científicos.

El diagnóstico inicial permitió identificar que el proceso de enseñanza se desarrollaba principalmente mediante metodologías tradicionales y con una limitada incorporación de recursos tecnológicos para promover la experimentación científica. Tanto la observación como las entrevistas evidenciaron la necesidad de fortalecer las competencias digitales docentes e incorporar estrategias innovadoras que respondan a las características y expectativas de aprendizaje de los estudiantes, favoreciendo ambientes educativos más dinámicos e interactivos.

Finalmente, los resultados obtenidos aportan evidencia empírica sobre la eficacia de integrar laboratorios virtuales y actividades de realidad aumentada en contextos escolares ecuatorianos, contribuyendo al fortalecimiento de la innovación educativa y ofreciendo una alternativa metodológica replicable en otras instituciones con características similares. Asimismo, el estudio abre nuevas posibilidades para futuras investigaciones orientadas a evaluar el impacto de estas tecnologías en otras áreas del currículo y en diferentes niveles educativos.

CONFLICTO DE INTERESES

“Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses”.

Referencias Bibliográficas

Almasri, F. (2022). Simulations to teach science subjects: Connections among students' engagement, self-confidence, satisfaction, and learning styles. *Education and Information Technologies*, 27(5), 7161–7181. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10940-w>

- Asamblea Constituyente. (2008). *Constitución de la República del Ecuador* (Registro Oficial No. 449). https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2021). *Ley Orgánica Reformatoria de la Ley Orgánica de Educación Intercultural* (Suplemento del Registro Oficial No. 434, 19 de abril de 2021). <https://www.asambleanacional.gob.ec/es/system/files/ro-sup-434-19-04-2021.pdf>
- Ben Ouahi, M., Ait Hou, M., Bliya, A., Hassouni, T., & Al Ibrahmi, E. M. (2021). The effect of using computer simulation on students' performance in teaching and learning physics: Are there any gender and area gaps? *Education Research International*, 2021, Artículo 6646017. <https://doi.org/10.1155/2021/6646017>
- Ben Ouahi, M., Lamri, D., Hassouni, T., & Al Ibrahmi, E. M. (2022). Science teachers' views on the use and effectiveness of interactive simulations in science teaching and learning. *International Journal of Instruction*, 15(1), 277–292. <https://doi.org/10.29333/iji.2022.15116a>
- Chinaka, T. W. (2021). The effect of PhET simulation vs. phenomenon-based experiential learning on students' integration of motion along two independent axes in projectile motion. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 25(2), 185–196. <https://doi.org/10.1080/18117295.2021.1969739>
- Diab, H., Daher, W., Rayan, B., Issa, N., & Rayan, A. (2024). Transforming science education in elementary schools: The power of PhET simulations in enhancing student learning. *Multimodal Technologies and Interaction*, 8(11), Artículo 105. <https://doi.org/10.3390/mti8110105>
- Erazo-Luzuriaga, A. F. (2024). Integración de las TICs en el aula: Un análisis de su impacto en el rendimiento académico. *Revista Científica Zambos*, 3(1), 56–72. <https://doi.org/10.69484/rcz/v3/n1/12>
- Fuentes-Rendón, M. K., Cervantes-García, V. A., Macías-Véliz, J. N., & Morales-Intriago, F. L. (2025). Innovación metodológica en el aula: Estrategias activas para promover aprendizajes significativos en la educación básica. *Revista Científica Ciencia Y Método*, 3(3), 83–93. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v3/n3/65>
- Guerra-Guerra, M. Á. (2026). Pragmatismo y epistemología postpositivista como base para investigaciones doctorales en mejora mediante inteligencia artificial aplicada. *Revista Ciencia & Sociedad*, 6(2), 254–265. <https://cienciaysociedaduatf.com/index.php/ciesocieuatf/article/view/51>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2020). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education. https://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf
- Kaldaras, L., Wang, K. D., Nardo, J. E., Price, A., Perkins, K., Wieman, C., & Salehi, S. (2024). Employing technology-enhanced feedback and scaffolding to support

- the development of deep science understanding using computer simulations. *International Journal of STEM Education*, 11, Artículo 30. <https://doi.org/10.1186/s40594-024-00490-7>
- Lafita Frómeta, R., & López Barrero, Y. (2026). Recursos virtuales en la enseñanza de las ciencias naturales: experiencias innovadoras desde Ecuador. En M. L. Cáceres-Mesa (Comp.), *Educación superior en tiempos de inteligencia artificial: pedagogía, evaluación y bienestar* (pp. 106–154). Sophia Editions. <https://doi.org/10.64092/HBRD5095>
- Mejía Cavadia, J. F. (2022). *PhET estrategia didáctica para mejorar el proceso de aprendizaje de las ciencias naturales en estudiantes de octavo grado* [Tesis de maestría, Universidad de Santander]. Repositorio Institucional UDES. <https://repositorio.udes.edu.co/handle/001/8475>
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2016). *Currículo de los niveles de educación obligatoria: subnivel superior*. <https://educacion.gob.ec/curriculo-superior/>
- Montañez León, L. C. (2023). *Uso del simulador PhET como objeto virtual de aprendizaje para la formación en el pensamiento bioético en el área de química de grado octavo* [Tesis de maestría, Universidad Pedagógica Experimental Libertador]. Espacio Digital UPEL. <https://espacio.digital.upel.edu.ve/index.php/TGM/article/view/630>
- Penfield, R. D., & Giacobbi, P. R., Jr. (2004). Applying a score confidence interval to Aiken's item content-relevance index. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 8(4), 213–225. https://doi.org/10.1207/S15327841MPEE0804_3
- PhET Interactive Simulations. (2024). *PhET interactive simulations*. University of Colorado Boulder. Recuperado el 24 de agosto de 2026, de <https://phet.colorado.edu/>
- Ponce Intriago, D. I., & Navarrete Pita, Y. (2025). Resultados del uso del software PhET en la asignatura de química orgánica en los estudiantes de tercero de bachillerato. *Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, 13(2), 246–268.
- Silva Alvarado, J. C., & Herrera Navas, C. D. (2022). Estudio de Kahoot como recurso didáctico para innovar los procesos evaluativos pospandemia de básica superior de la Unidad Educativa Iberoamericano. *Journal of Economic and Social Science Research*, 2(4), 15–40. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v2/n4/23>
- Trujillo Yaipén, W. M., Curo Maquén, L. A., Paredes López, L. R., & Carbajal Cornejo, K. (2023). Eficiencia de los simuladores virtuales en la competencia de indagación para el aprendizaje de física elemental. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 25(2), 459–476. <https://doi.org/10.36390/telos252.15>
- UNESCO. (2023). *Global education monitoring report 2023: Technology in education—A tool on whose terms?* <https://doi.org/10.54676/UZQV8501>