

Influencia de las TIC e inteligencia artificial en el aprendizaje del electromagnetismo en estudiantes de Bachillerato***The Influence of ICT and Artificial Intelligence on High School Students' Learning of Electromagnetism***

Fernanda Carolina Mañay Ramón, Segundo Fabián Tello Parra, Sandra Elizabeth Sopa Tigse, Efrén Isidro Quispe Ramírez, William Israel Vilema Endara.

**CIENCIA, TECNOLOGÍA Y
SOCIEDAD**

Julio - diciembre, V°7-N°2; 2026

Recibido: 01-09-2026

Aceptado: 05-09-2026

Publicado: 31-12-2026

PAIS

- Salcedo – Ecuador
- Salcedo – Ecuador
- Salcedo – Ecuador
- Salcedo – Ecuador
- Salcedo – Ecuador

INSTITUCION

- Unidad Educativa 19 de Septiembre
- Unidad Educativa Papahurco
- Unidad Educativa PCEI San Miguel de Salcedo
- Unidad Educativa PCEI San Miguel de Salcedo
- Unidad Educativa Victoria Vásquez Cuví

CORREO:

- ✉ fer_1771@hotmail.com
- ✉ sefabytello11@hotmail.com
- ✉ sandrae.sopa@docentes.educacion.edu.ec
- ✉ efren.quispe@educacion.gob.ec
- ✉ israv_04@hotmail.com

ORCID:

- 🌐 <https://orcid.org/0009-0001-0717-3057>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0005-3859-6270>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0007-1910-524X>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0000-4209-4074>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0000-6657-5737>

FORMATO DE CITA APA

Mañay, F., Tello, S., Sopa, S., Quispe, E. & Vilema, W. (2026). *Influencia de las TIC e inteligencia artificial en el aprendizaje del electromagnetismo en estudiantes de Bachillerato*. Revista G-ner@ndo, V°7 (N°2). P. 3729 – 3742.

Resumen

La educación científica ocupa un papel central en la interpretación de fenómenos naturales, pero enfrenta dificultades pedagógicas y de acceso en América Latina. En Ecuador, la enseñanza de la física presenta deficiencias serias, reflejadas en el promedio nacional de 689 puntos en la prueba Ser Estudiante, lo que afecta el aprendizaje de temas complejos como el electromagnetismo. Para abordar esta problemática, el estudio tuvo como objetivo evaluar los cambios en el aprendizaje del electromagnetismo de los estudiantes de tercero de Bachillerato después de una intervención pedagógica basada en la integración de las TIC y herramientas de inteligencia artificial, mediante simuladores, experimentación, plataformas educativas y actividades de aprendizaje activo. En cuanto a la metodología, se aplicó un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, con un diseño preexperimental longitudinal de pretest y posttest en un grupo único de 15 estudiantes de tercero de bachillerato del cantón Salcedo. La intervención, de dos semanas, utilizó recursos como simuladores PhET, Tracker, Arduino y asistentes de inteligencia artificial (ChatGPT y Gemini) para la retroalimentación. Los resultados muestran una mejora significativa en las calificaciones. La media pasó de 6,80 a 8,43 puntos, un incremento del 23,97%, y la dispersión de los puntajes se redujo. El análisis inferencial con la prueba de Wilcoxon confirmó diferencias significativas ($Z = -3,319$; $p = 0,001$) y un tamaño del efecto muy alto ($r = 0,857$). El ecosistema tecnológico de recursos interactivos con apoyo de inteligencia artificial resulta una alternativa didáctica eficaz y pertinente, que mejora de forma equitativa el aprendizaje de esta rama de la física en el bachillerato.

Palabras clave: Simuladores PhET, retroalimentación educativa, aprendizaje activo, rendimiento académico, diseño preexperimental.

Abstract

Science education plays a central role in the interpretation of natural phenomena, yet it faces pedagogical and accessibility challenges in Latin America. In Ecuador, physics education exhibits serious deficiencies, reflected in the national average of 689 points on the Ser Estudiante test, which hinders the learning of complex topics such as electromagnetism. To address this issue, this study aimed to evaluate changes in the learning of electromagnetism among third-year high school students following a pedagogical intervention based on the integration of ICT and artificial intelligence tools through simulators, experimentation, educational platforms, and active learning activities. Regarding the methodology, a quantitative, applied approach was implemented using a longitudinal pre-experimental pretest-posttest design with a single group of 15 third-year high school students from Salcedo canton. The two-week intervention utilized resources such as PhET simulators, Tracker, Arduino, and artificial intelligence assistants (ChatGPT and Gemini) for feedback. The results show a significant improvement in grades; the mean increased from 6.80 to 8.43 points a 23.97% improvement and score dispersion decreased. Inferential analysis using the Wilcoxon signed-rank test confirmed significant differences ($Z = -3.319$; $p = 0.001$) and a very large effect size ($r = 0.857$). It is concluded that the technological ecosystem of interactive resources supported by artificial intelligence proves to be an effective and relevant pedagogical alternative that equitably improves the learning of this branch of physics in high school education.

Keywords: PhET simulators, educational feedback, active learning, academic performance, pre-experimental design.

Introducción

La educación científica ocupa un lugar central en la formación de capacidades para interpretar fenómenos naturales, resolver problemas, tomar decisiones fundamentadas y participar críticamente en una sociedad marcada por la transformación tecnológica. La enseñanza de las ciencias exactas, en particular la física, cobra relevancia durante el bachillerato porque en esta etapa los estudiantes consolidan conocimientos conceptuales, matemáticos y procedimentales que sirven de base para estudios posteriores y para comprender fenómenos científicos presentes en la vida cotidiana. Pero, los sistemas educativos continúan enfrentando dificultades para garantizar aprendizajes científicos sólidos y equitativos, una situación que se agrava en contextos donde persisten desigualdades de acceso a recursos, dificultades para recuperar aprendizajes y prácticas pedagógicas predominantemente transmisivas.

A nivel internacional, el aprendizaje ocupa un lugar central en la agenda educativa. La Organización de las Naciones Unidas, mediante la Cumbre sobre la Transformación de la Educación, reconoció que los sistemas educativos atraviesan una crisis relacionada con la calidad, la equidad, la inclusión y la pertinencia de los aprendizajes. La pandemia de COVID-19 profundizó esta situación y afectó el proceso educativo de más del 90 % de los niños y jóvenes a nivel mundial. La ONU enfatizó que la educación contemporánea debe superar los modelos centrados exclusivamente en la transmisión de contenidos y fortalecer capacidades de resolución de problemas, colaboración y competencias científicas y digitales (Naciones Unidas, 2022).

Esta problemática se vincula directamente con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 4, que plantea la necesidad de garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad, así como oportunidades de aprendizaje durante toda la vida. La meta 4.1 establece que los estudiantes deben culminar la educación primaria y secundaria alcanzando resultados de aprendizaje pertinentes y efectivos, mientras que la meta 4.4 demanda el desarrollo de competencias técnicas y profesionales necesarias para desenvolverse en el mundo contemporáneo (Naciones Unidas, 2026). Las dificultades en el aprendizaje de física no representan únicamente un problema de una asignatura específica, se relacionan con el desafío más amplio de desarrollar las competencias científicas y tecnológicas necesarias para la participación académica, profesional y social.

En el ámbito latinoamericano la situación es particularmente preocupante. La UNESCO ha advertido la existencia de una crisis de aprendizajes que se manifiesta en bajos niveles de desempeño y profundas desigualdades entre estudiantes. Los análisis regionales derivados de las evaluaciones internacionales muestran que los sistemas educativos de América Latina y el Caribe enfrentan dificultades para garantizar el desarrollo de aprendizajes fundamentales y

competencias científicas, una situación agravada por la interrupción de las actividades educativas durante la pandemia. Recuperar los aprendizajes requiere intervenciones pedagógicas sustentadas en evidencia y estrategias capaces de responder a las nuevas condiciones educativas y tecnológicas (UNESCO, 2024).

Los resultados del Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes (PISA) permiten dimensionar esta problemática desde una perspectiva comparativa internacional. En PISA 2022 participaron aproximadamente 690 000 estudiantes de 15 años pertenecientes a 81 países y economías. En América Latina y el Caribe, el 57% de los estudiantes no alcanzó las competencias básicas en ciencias y el 75% no alcanzó las competencias mínimas en matemáticas. Estos resultados muestran que las dificultades en las áreas científicas y matemáticas constituyen un problema estructural de los sistemas educativos de la región, no una situación limitada a determinados establecimientos o grupos de estudiantes (UNESCO, 2024).

Ecuador no participó en PISA 2022. Por esta razón, los resultados de esta evaluación deben utilizarse como evidencia del contexto latinoamericano y no como indicador directo del rendimiento de los estudiantes ecuatorianos. Para analizar la situación nacional, resulta más pertinente recurrir a las evaluaciones desarrolladas por el Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEVAL), en particular la prueba Ser Estudiante, que incluye la evaluación de Física, Química y Biología en el nivel de Bachillerato (INEVAL, 2025).

En Ecuador, los resultados de la evaluación Ser Estudiante correspondiente al periodo lectivo 2023-2024 aportan evidencia concreta sobre las dificultades en el aprendizaje de las ciencias. En el nivel de Bachillerato, el promedio nacional alcanzó 689 puntos en Física, 699 puntos en Química y 707 puntos en Biología. El informe señala que los estudiantes evaluados no alcanzaron el nivel mínimo de competencias en Física y Química, mientras que Biología fue la única de las tres asignaturas que superó ese umbral (INEVAL, 2025). Este dato es relevante para la presente investigación porque permite afirmar, desde evidencia oficial nacional, que el aprendizaje de física constituye una de las áreas con mayores desafíos en el bachillerato ecuatoriano.

La situación descrita adquiere mayor relevancia si se considera que la física requiere integrar conocimientos conceptuales, representación matemática, razonamiento lógico, interpretación de magnitudes y resolución de problemas (Taofeek & Jita, 2024). Un bajo nivel de desempeño en esta asignatura puede limitar la capacidad de los estudiantes para interpretar fenómenos relacionados con la energía, el movimiento, la electricidad y el magnetismo. El electromagnetismo, en particular, exige comprender entidades y relaciones que no son directamente observables, como el campo eléctrico, el potencial eléctrico o el campo magnético,

lo que aumenta la necesidad de estrategias didácticas capaces de vincular modelos matemáticos, representaciones gráficas y fenómenos físicos.

Los resultados nacionales coinciden con investigaciones realizadas en Ecuador que han identificado dificultades en la enseñanza y aprendizaje de la física. Chávez y Mestres (2023) señalan que la enseñanza de las ciencias experimentales en el sistema educativo ecuatoriano enfrenta limitaciones asociadas con la disponibilidad de recursos didácticos y laboratorios, junto con dificultades derivadas de los conocimientos previos, la motivación y las habilidades lógico-matemáticas de los estudiantes. Su investigación, desarrollada con 57 estudiantes de primero de Bachillerato General Unificado, examinó el empleo de simuladores PhET como recurso para fortalecer el aprendizaje de física.

Esta problemática lleva a analizar el papel de las tecnologías educativas. Las Tecnologías de la Información y la Comunicación pueden proporcionar representaciones dinámicas que facilitan la visualización de fenómenos físicos y permiten al estudiante interactuar con variables que, en condiciones tradicionales, resultan difíciles de observar. En física esta posibilidad tiene especial valor porque la comprensión científica requiere moverse entre formas de representación verbal, gráfica, matemática, experimental y visual.

Los simuladores interactivos constituyen una de las alternativas más estudiadas en este campo. Chávez y Mestres (2023) desarrollaron una investigación cuantitativa con estudiantes de bachillerato ecuatorianos y encontraron pertinencia en el uso de simuladores PhET para fortalecer la enseñanza experimental de la física. Los autores plantean que estos recursos acercan al estudiante a los fenómenos físicos mediante experiencias interactivas y favorecen una participación más activa durante el proceso de aprendizaje.

Mera y López (2023) analizaron el empleo de simuladores PhET como herramienta didáctica para mejorar el rendimiento académico en física y destacaron la utilidad de los entornos virtuales para complementar la enseñanza de fenómenos con dificultades de representación experimental. Esta evidencia resulta relevante para la presente investigación porque el uso de simulaciones puede facilitar la construcción de relaciones entre las variables físicas y las expresiones matemáticas utilizadas para resolver problemas.

Castrejón et al. (2023) analizaron la implementación de hojas de actividades y clases interactivas demostrativas apoyadas en simulaciones PhET, y mostraron que es posible combinar la representación digital con orientaciones pedagógicas destinadas a favorecer la comprensión conceptual. El valor educativo de una tecnología no depende únicamente de su disponibilidad; depende de la manera en que se integra en una secuencia didáctica coherente.

En el contexto ecuatoriano, Yanchapaxi y Mérida (2024) analizaron el uso de PhET junto con analítica del aprendizaje en la enseñanza de física en estudiantes de bachillerato. La investigación es pertinente para el presente estudio porque vincula el empleo de recursos digitales con la obtención y el análisis de información sobre el desempeño estudiantil, y favorece una enseñanza sustentada en evidencias.

A la variable tecnológica se suma actualmente un nuevo componente, la inteligencia artificial. La expansión de herramientas generativas capaces de producir explicaciones, formular ejercicios, proporcionar retroalimentación y apoyar procesos de resolución de problemas ha modificado las posibilidades de interacción entre estudiantes, docentes y recursos digitales (INTEF, 2024). Su incorporación en educación requiere vincularla con objetivos pedagógicos concretos, criterios de evaluación y acompañamiento docente, para evitar que la herramienta sustituya los procesos cognitivos que el estudiante debe desarrollar.

En Ecuador, Intriago (2024) analizó el papel de la inteligencia artificial en el desempeño académico de estudiantes de bachillerato y señaló el potencial de estas herramientas para apoyar procesos de personalización y retroalimentación. Este antecedente permite incorporar la IA como herramienta complementaria dentro del proceso de enseñanza, en particular en actividades que requieren explicaciones diferenciadas y acompañamiento durante la resolución de problemas.

Cobos (2024) estudió cuantitativamente la relación entre el uso de inteligencia artificial y el rendimiento académico de estudiantes de secundaria. Sus resultados aportan a la discusión sobre la necesidad de analizar empíricamente esa relación, sin asumir que la sola disponibilidad de estas herramientas garantiza mejores aprendizajes.

Los antecedentes revisados muestran tres tendencias. Las TIC, y en particular las simulaciones interactivas, constituyen recursos con potencial para mejorar la enseñanza de física. La inteligencia artificial introduce nuevas posibilidades de personalización y retroalimentación. El aprendizaje de física continúa representando un desafío en el bachillerato ecuatoriano. Permanece, con todo, una brecha investigativa relacionada con la combinación de ambas tecnologías y su aplicación específica al aprendizaje del electromagnetismo en estudiantes de bachillerato de contextos locales como Salcedo.

La presente investigación busca cubrir parcialmente esa brecha mediante un estudio de enfoque exclusivamente cuantitativo, orientado a determinar la influencia de la integración de TIC e inteligencia artificial sobre el aprendizaje del electromagnetismo. La delimitación del contenido responde a la necesidad de evaluar aprendizajes concretos y medibles relacionados con la ley

de Coulomb, el campo eléctrico, el potencial eléctrico, la corriente y la ley de Ohm, y el campo magnético, contenidos que forman parte del instrumento diagnóstico utilizado en la investigación.

Por tal motivo, el estudio tiene como objetivo evaluar los cambios en el aprendizaje del electromagnetismo de los estudiantes de tercero de Bachillerato después de una intervención pedagógica basada en la integración de las TIC y herramientas de inteligencia artificial, mediante simuladores, experimentación, plataformas educativas y actividades de aprendizaje activo.

Métodos y Materiales

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, porque buscó medir objetivamente el cambio producido en el aprendizaje del electromagnetismo tras una intervención pedagógica basada en la integración de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) e Inteligencia Artificial (IA). Este enfoque permitió obtener puntuaciones numéricas antes y después de la intervención y someterlas a análisis estadístico para determinar si existían diferencias significativas. Se trata de una orientación ya utilizada en investigaciones educativas sobre física, donde mediciones de rendimiento han servido para valorar los efectos de estrategias didácticas innovadoras (Sailema et al., 2023).

Se empleó un diseño preexperimental, longitudinal, de un solo grupo con pretest y postest, en el que el mismo grupo de estudiantes fue evaluado antes y después de la intervención pedagógica, sin asignación aleatoria y sin grupo de control. Este diseño se seleccionó porque se trabajó con un grupo académico ya constituido (Hernández et al., 2021). Comparar las puntuaciones obtenidas por los mismos estudiantes permitió determinar la variación del aprendizaje después de la intervención.

La población estuvo conformada por 45 estudiantes de primero, segundo y tercer año de Bachillerato de la institución educativa objeto de estudio, ubicada en el cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi. La muestra estuvo integrada por 15 estudiantes de Tercero de Bachillerato, seleccionados mediante un muestreo censal dentro del grupo intervenido. El análisis estadístico se realizó exclusivamente con estos 15 estudiantes, que participaron tanto en el pretest como en el postest, lo que garantizó la correspondencia entre las dos mediciones.

La técnica utilizada fue la evaluación educativa y el instrumento correspondió a una prueba de conocimientos sobre electromagnetismo, aplicada antes y después de la intervención. La prueba valoró contenidos relacionados con la ley de Coulomb, el campo eléctrico, el potencial eléctrico, la corriente eléctrica y la ley de Ohm, y el campo magnético, mediante ejercicios que exigieron comprensión conceptual y aplicación de procedimientos matemáticos.

La intervención pedagógica tuvo una duración de dos semanas y se orientó a fortalecer el aprendizaje del electromagnetismo mediante un ecosistema de recursos tecnológicos. Se utilizaron simuladores PhET, análisis de video mediante Tracker, actividades experimentales con Arduino y plataformas educativas como Moodle, Quizizz y Nearpod. Se incorporaron también ChatGPT y Gemini como herramientas de inteligencia artificial, para proporcionar explicaciones alternativas, generar ejercicios, apoyar la resolución guiada de problemas y ofrecer retroalimentación. Las simulaciones y las metodologías activas han mostrado resultados favorables en el aprendizaje de física en estudiantes de bachillerato, en especial cuando los recursos tecnológicos se integran dentro de actividades pedagógicas planificadas (Aguay et al., 2025).

Análisis de Resultados

La Tabla 1 presenta los estadísticos descriptivos obtenidos antes y después de la intervención pedagógica orientada a fortalecer el aprendizaje del electromagnetismo en 15 estudiantes de tercero de Bachillerato. La intervención tuvo una duración de dos semanas e integró simuladores PhET, Tracker, Arduino, Moodle, Quizizz, Nearpod y herramientas de inteligencia artificial como ChatGPT y Gemini.

Tabla 1

Estadísticos descriptivos del pretest y posttest

Estadísticos		pretest	posttest
N	Válido	15	15
	Perdidos	0	0
Media		6,80	8,43
Mediana		7,00	8,50
Moda		7,00	8,50
Desv. Desviación		1,47	1,10
Varianza		2,17	1,21
Percentiles	25	6,00	7,50
	50	7,00	8,50
	75	8,00	9,00

Nota. Estadísticos obtenidos mediante SPSS v. 26

Los estadísticos descriptivos muestran una mejora en el aprendizaje del electromagnetismo después de la intervención pedagógica basada en la integración de TIC e inteligencia artificial. La media aumentó de 6,80 puntos en el pretest a 8,43 puntos en el posttest, un incremento de 1,63 puntos y una mejora relativa aproximada del 23,97%. La mediana pasó de 7,00 a 8,50 puntos y la moda de 7,00 a 8,50 puntos, lo que refleja un desplazamiento de la tendencia central hacia niveles superiores de desempeño. La variabilidad también disminuyó,

debido a que la desviación estándar bajó de 1,47 a 1,10 y la varianza, de 2,17 a 1,21. Los percentiles mostraron un comportamiento consistente, ya que el percentil 25 aumentó de 6,00 a 7,50 y el percentil 75 de 8,00 a 9,00 puntos. Los resultados descriptivos muestran así un incremento del desempeño y una mayor semejanza de las puntuaciones después de la intervención.

Dado el tamaño reducido de la muestra, conformada por 15 estudiantes de tercero de Bachillerato, se optó por emplear procedimientos estadísticos no paramétricos para el análisis inferencial. Esta decisión responde a la necesidad de evitar supuestos distribucionales poco robustos cuando el número de observaciones es reducido. En muestras pequeñas, evaluar la normalidad presenta limitaciones, y los métodos no paramétricos constituyen una alternativa apropiada cuando no puede asumirse razonablemente una distribución normal de los datos (Morgan, 2017).

Dado que las mediciones corresponden a los mismos estudiantes antes y después de la intervención pedagógica, se empleará la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas. Este procedimiento es una alternativa no paramétrica a la prueba t para muestras dependientes y permite determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre las puntuaciones del pretest y el posttest (Woolson, 2005). La selección de este procedimiento no paramétrico responde al reducido tamaño de la muestra y a la naturaleza relacionada de las mediciones. Para ello, se plantea primero las hipótesis a comprobar mediante la investigación:

H_1 : Existen diferencias estadísticamente significativas en el nivel de aprendizaje del electromagnetismo de los estudiantes de tercero de Bachillerato después de la intervención pedagógica basada en la integración de TIC e inteligencia artificial.

H_0 : No existen diferencias estadísticamente significativas en el nivel de aprendizaje del electromagnetismo de los estudiantes de tercero de Bachillerato después de la intervención pedagógica basada en la integración de TIC e inteligencia artificial.

Los resultados se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

Rangos				
		N	Rango promedio	Suma de rangos
postest - pretest	Rangos negativos	0 ^a	,00	,00
	Rangos positivos	14 ^b	7,50	105,00
	Empates	1 ^c		
	Total	15		
a. postest < pretest				

b. posttest > pretest

c. posttest = pretest

Nota. Estadísticos obtenidos mediante SPSS v. 26

Los resultados muestran que 14 de los 15 estudiantes presentaron rangos positivos, sin registrarse rangos negativos, mientras que un estudiante mantuvo la misma puntuación en ambas mediciones. La suma de rangos positivos fue de 105,00 y el rango promedio alcanzó 7,50.

Como complemento, se presentan los estadísticos de la prueba en la Tabla 3. Para lo cual, como criterio de selección se estableció un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$. Por tanto:

Si $p < 0,05$, se rechaza H_0 y se acepta evidencia estadística de diferencias significativas entre el pretest y el posttest.

Si $p \geq 0,05$, no se rechaza H_0 y no se dispone de evidencia estadística suficiente para afirmar que las puntuaciones difieren significativamente.

Tabla 3

Estadísticos de la prueba de Wilcoxon

Estadísticos de prueba ^a	
	posttest - pretest
Z	-3,319 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,001
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon	
b. Se basa en rangos negativos.	

Nota. Estadísticos obtenidos mediante SPSS v. 26

El contraste estadístico mostró un valor de $Z = -3,319$ y una significancia bilateral de $p = 0,001$. Dado que $p < 0,05$, se rechaza la hipótesis nula, que planteaba la ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre el pretest y el posttest. Los resultados indican diferencias estadísticamente significativas en el aprendizaje del electromagnetismo después de la intervención basada en la integración de TIC e inteligencia artificial. Este hallazgo coincide con el incremento observado en los estadísticos descriptivos, donde la media pasó de 6,80 a 8,43 puntos y la mediana de 7,00 a 8,50 puntos. Los datos muestran un cambio favorable en el desempeño académico de los estudiantes después de la intervención pedagógica.

Por otro lado, se calculó el tamaño del efecto (r) para determinar la magnitud práctica del impacto pedagógico de la estrategia implementada mediante la ecuación (1):

$$r = \frac{|Z|}{\sqrt{N}} \quad (1)$$

$$r = \frac{|-3.319|}{\sqrt{15}}$$
$$r = 0.857$$

Este resultado muestra un cambio significativo dentro del grupo después de la intervención, esto indica que el aprendizaje mejoró significativamente después de la intervención pedagógica basada en TIC e inteligencia artificial.

Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que la intervención pedagógica basada en la integración de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) junto con herramientas de inteligencia artificial (IA) favoreció significativamente el aprendizaje del electromagnetismo en los estudiantes de Bachillerato. El desempeño general de los alumnos se desplazó hacia niveles superiores, registrándose un incremento de la media de calificaciones de 6,80 puntos en el pretest a 8,43 puntos en el posttest, lo que representa una mejora relativa del 23,97%.

Además, la variabilidad de los puntajes se redujo de manera notable, evidenciada en el descenso de la desviación estándar (de 1,47 a 1,10) y de la varianza (de 2,17 a 1,21). Desde una perspectiva pedagógica, esta reducción de la dispersión sugiere que la estrategia didáctica multimodal no solo elevó el rendimiento promedio, sino que actuó como un mecanismo de nivelación parcial, permitiendo que los estudiantes con menores desempeños iniciales se aproximaran al nivel de sus compañeros. Este hallazgo es de suma relevancia, dado que el electromagnetismo exige la articulación de comprensión conceptual, representaciones matemáticas abstractas y resolución de problemas, dimensiones que suelen generar altos índices de dificultad bajo enfoques de enseñanza puramente tradicionales y transmisivos (Taofeek & Jita, 2024).

Para consolidar el análisis inferencial y superar las limitaciones interpretativas asociadas a muestras de tamaño reducido ($N = 15$), la investigación no solo constató la existencia de diferencias estadísticamente significativas mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon ($Z = -3,319$, $p = 0,001$), sino que profundizó en la determinación de la magnitud de este cambio a través del cálculo del tamaño del efecto. El coeficiente obtenido de $r = 0,857$ evidencia un tamaño de efecto sumamente alto y robusto según los estándares de la investigación cuantitativa en educación. Este indicador revela que la diferencia observada entre el pretest y el posttest posee una alta relevancia práctica y científica, demostrando que el progreso en las calificaciones de los estudiantes no se debe a fluctuaciones azarosas, sino que está estrechamente asociado a la fuerza del impacto de la estrategia pedagógica implementada (UNESCO 2023, 2024).

La magnitud excepcional de este tamaño del efecto ($r = 0,857$) halla su explicación en el diseño del ecosistema tecnológico interactivo y multimodal aplicado, que combinó simuladores PhET, análisis de video mediante Tracker, experimentación con Arduino y herramientas de IA generativa como ChatGPT y Gemini para proporcionar explicaciones y retroalimentación diferenciada (Castrejón et al., 2023; Chávez & Mestres 2023).

Este enfoque permitió abordar de forma dinámica conceptos de difícil abstracción y que no son directamente perceptibles en el entorno real (como las líneas de campo eléctrico, el potencial o la ley de Coulomb), permitiendo que las TIC y la IA operaran como mediadores activos de los procesos cognitivos de los estudiantes.

Aunque estos hallazgos respaldan de forma sólida la viabilidad de la propuesta en el contexto del bachillerato ecuatoriano, deben interpretarse con cautela debido a las limitaciones intrínsecas del diseño preexperimental de grupo único, que no permite aislar completamente variables extrañas como el efecto de la práctica o la interacción docente, subrayando la necesidad de futuros estudios con grupos de control y evaluaciones de transferencia a largo plazo.

Conclusiones

Las dificultades estructurales en el aprendizaje de las ciencias exactas y de la física en América Latina, reflejadas en bajos niveles de desempeño regional y nacional, adquieren una concreción alarmante en el bachillerato ecuatoriano. Los reportes oficiales del INEVAL en la prueba Ser Estudiante muestran que Física representa un área crítica, con un promedio nacional de 689 puntos, por debajo del umbral mínimo de competencia. Esta problemática se agudiza por la persistencia de prácticas pedagógicas predominantemente transmisivas, que no logran subsanar las brechas de acceso ni desarrollar capacidades complejas en temáticas como el electromagnetismo, un contenido que exige al estudiante integrar modelos matemáticos abstractos con entidades conceptuales que no son directamente observables en la realidad cotidiana.

El análisis estadístico de la intervención pedagógica diseñada revela un impacto positivo y estadísticamente significativo en el rendimiento académico de los estudiantes de Bachillerato. La media de rendimiento subió de 6,80 a 8,43 puntos, con un desplazamiento ascendente de la mediana y de la moda hasta 8,50 puntos y una reducción sustancial en la dispersión de las notas individuales. Al someter estos datos a la prueba de rangos con signo de Wilcoxon, se rechazó la hipótesis nula de igualdad con una significancia de $p = 0,001$, y el cálculo del tamaño del efecto arrojó un valor muy elevado de $r = 0,857$. Estos resultados muestran que la combinación de recursos digitales incrementó las competencias de los estudiantes de forma generalizada y equitativa dentro del grupo evaluado.

La evaluación de los contenidos considerados dentro de este estudio en la asignatura de física como: ley de Coulomb, el campo eléctrico, el potencial eléctrico, la corriente y la ley de Ohm, y el campo magnético mostró una transformación favorable y sustancial en la estructura de conocimientos de los estudiantes. La puesta en marcha de un ecosistema multimodal interactivo, enriquecido con metodologías activas y apoyos de IA para la retroalimentación, resultó una alternativa didáctica eficaz y pertinente para fortalecer la enseñanza de la física en el nivel de bachillerato en la región de Salcedo.

Referencias Bibliográficas

- Aguay, D., Aguirre, D., Aguay, D., & Ilbay, A. (2025). Efectividad de la simulación computacional en la enseñanza de la física en educación superior: Una revisión sistemática. *Revista InveCom*, 6(2), 1-11. <https://doi.org/10.5281/zenodo.16051280>
- Castrejón, K., Sáenz, J., Lara, E., & López, D. (2023). Implementación de Hojas de Actividades y Clases Interactivas Demostrativas con Simulaciones PhET en Física Conceptual. *Cultura Científica y Tecnológica*, 20(3), E20-E38. <https://doi.org/10.20983/culcyt.2023.3.2e.3>
- Chávez, J., & Mestres, U. (2023). Simuladores Phet: Como herramienta didáctica para la enseñanza y aprendizaje experimental de física. *Polo del Conocimiento*, 8(11), 1303-1322. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i11.6337>
- Cobos, C. (2024). Impacto de la Inteligencia Artificial en el Rendimiento Académico de Estudiantes de Secundaria: Un Estudio Correlacional. *Puriq*, 6, e740-e740. <https://doi.org/10.37073/puriq.6.740>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2021). *Metodología de la Investigación* (Primera). McGRAW-HILL. chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjpcglclefindmkaj/https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/metodologia-de-la-investigaci%C3%83%C2%B3n_sampieri.pdf
- INEVAL. (2025). *Recomendaciones para acción pública ser estudiante 2023-2024*. <https://evaluaciones.evaluacion.gob.ec/BI/recomendaciones-para-accion-publica-ser-estudiante-2023-2024-2/>
- INTEF. (2024). *Guía sobre el uso de la Inteligencia Artificial en el Ámbito Educativo*. <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/materiales/guia-sobre-el-uso-de-la-inteligencia-artificial-en-el-ambito-edu.html> (Obra original publicada en Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado)
- Intriago, J. (2024). La Inteligencia Artificial y el Desempeño Académico de los Estudiantes de Bachillerato en el Ecuador. *Revista Científica Hallazgos21*, 9(2), 179-186. <https://doi.org/10.69890/hallazgos21.v9i2.660>
- Mera, J., & López, W. (2023). Simuladores PHET: Una herramienta didáctica para el mejoramiento del rendimiento académico de estudiantes en Energía Mecánica.: "El primer autor es de correspondencia". *MQRInvestigar*, 7(4), 112-130. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.4.2023.112-130>
- Morgan, C. (2017). Uso de técnicas estadísticas adecuadas para estudios de investigación con muestras pequeñas. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol*, 313(5). <https://doi.org/https://doi.org/10.1152/ajplung.00238.2017>
- Naciones Unidas. (2022). *Disposiciones relativas a las reuniones de alto nivel y al debate general del septuagésimo séptimo período de sesiones de la Asamblea General*. <https://docs.un.org/es/A/INF/77/4/Rev.1>
- Naciones Unidas. (2026). *Sustainable Development Goal 4: Educación de calidad*. <https://ecuador.un.org/es/sdgs/4>

- Sailema, T., Lucero, M., Aguirre, M., & Escobar, M. (2023). Metodologías activas para la enseñanza aprendizaje de física en el bachillerato. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 9446-9477. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.5069
- Taofeek, O., & Jita, L. (2024). Dificultades en física y resolución de problemas: Explorando el papel de las matemáticas y los símbolos matemáticos. *Revista Interdisciplinaria de Investigación Educativa*, 6. <https://doi.org/https://doi.org/10.38140/ijer-2024.vol6.08>
- UNESCO. (2023). *Tecnología en la educación*. <https://www.unesco.org/gem-report/es/technology>
- UNESCO. (2024). *La urgencia de la recuperación educativa en América Latina y el Caribe*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000388399>
- Woolson, R. (2005). Prueba de rangos con signo de Wilcoxon. *Wiley Online Library*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/0470011815.b2a15177>Identificador de Objeto Digital (DOI)
- Yanchapaxi, C., & Mérida, E. (2024). Uso del PHET Simulations y Analítica del Aprendizaje en el mejoramiento del proceso de enseñanza—Aprendizaje en la asignatura Física. *MQRInvestigar*, 8(4), 6913-6941. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.4.2024.6913-6941>
-