Revista Científica Multidisciplinar G-ner@ndo
ISSN: 2806-5905

Evolución del rendimiento académico en Física mediante inteligencia artificial y simulaciones PhET en estudiantes bachillerato

Changes in academic performance in physics using artificial intelligence and PhET simulations among high school students

Gabriela Sonia Álvarez Silvestre, Ingrid Fabiana Martínez González, Blanca Azucena Ramírez Morán, Alexis Desire Quezada Ramírez, William Israel Vilema Endara

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

Julio - diciembre, V°7-N°2; 2026

Recibido: 05-09-2026
Aceptado:10-09-2026
Publicado:31- 12-2026

PAIS

- Guayaquil - Ecuador
- Guayaquil - Ecuador
- Guayaquil - Ecuador
- Guayaquil - Ecuador
- Latacunga – Ecuador

INSTITUCION

- Unidad Educativa Fiscal Alberto Perdomo Franco
- Unidad Educativa Fiscal Alberto Perdomo Franco
- Escuela de Educación Básica Particular Transfiguración
- Escuela Fiscal Alberto Perdomo Franco
- Unidad Educativa Victoria Vásconez Cuvi – Simón Bolívar – Elvira Ortega

CORREO:

gabriela.alvarez@educacion.gob.ec
ingridf.martinez@educacion.gob.ec
lbejaranoec@hotmail.com
alexis.quezada@educacion.gob.ec
israv_04@hotmail.com

ORCID:

https://orcid.org/0009-0005-6786-5011
https://orcid.org/0009-0001-9612-8177
https://orcid.org/0009-0004-1117-3246
https://orcid.org/0009-0004-6835-8743
https://orcid.org/0009-0000-6657-5737

FORMATO DE CITA APA.

Álvarez, G. Martínez, I. Ramírez, B. Quezada, A. & Vilema, W. (2026). Evolución del rendimiento académico en Física mediante inteligencia artificial y simulaciones PhET en estudiantes bachillerato Revista *G-ner@ndo, V°7 (N°2,). P. 4110 – 4120.*

Resumen

El electromagnetismo representa un desafío pedagógico complejo en la educación secundaria debido a la necesidad de articular modelos teóricos abstractos con representaciones matemáticas y aplicaciones físicas observables, contexto en el cual la integración de simulaciones virtuales PhET y herramientas de inteligencia artificial generativa surge como una alternativa idónea para facilitar la visualización interactiva y la retroalimentación inmediata en el aula. En este marco, el objetivo de la investigación fue determinar la efectividad de un ecosistema tecnológico con inteligencia artificial y simulaciones PhET para el aprendizaje del electromagnetismo en estudiantes de bachillerato. Se empleó un enfoque cuantitativo con un diseño preexperimental de un solo grupo con medidas repetidas en una muestra de 45 estudiantes, evaluando el desempeño en las fases diagnóstica, formativa y sumativa mediante la articulación de PhET, ChatGPT, Gemini, Tracker, Arduino y plataformas de gestión, cuyos datos fueron analizados con ANOVA de medidas repetidas. Los resultados revelaron un incremento estadísticamente significativo en el rendimiento académico (F = 53,938, p < 0,001), donde la puntuación media aumentó de 6,533 puntos en la etapa diagnóstica a 7,389 en la formativa y alcanzó 8,261 en la sumativa, acumulando una mejora total de 1,728 puntos entre el inicio y el cierre. Por ello, la implementación sinérgica del ecosistema tecnológico cumple satisfactoriamente el objetivo investigativo al demostrar que la combinación de mediación didáctica e innovación digital favorece el rendimiento estudiantil.

Palabras clave: Electromagnetismo, tecnología educativa, evaluación del estudiante, innovación pedagógica, enseñanza.

Abstract

Electromagnetism poses a complex pedagogical challenge in secondary education due to the need to link abstract theoretical models with mathematical representations and observable physical applications; in this context, the integration of PhET virtual simulations and generative artificial intelligence tools emerges as an ideal alternative for facilitating interactive visualization and immediate feedback in the classroom. Within this framework, the objective of the research was to determine the effectiveness of a technological ecosystem incorporating artificial intelligence and PhET simulations for learning electromagnetism among high school students. A quantitative approach was employed using a single-group pre-experimental design with repeated measures on a sample of 45 students, assessing performance in the diagnostic, formative, and summative phases through the integration of PhET, ChatGPT, Gemini, Tracker, Arduino, and management platforms, whose data were analyzed using repeated-measures ANOVA. The results revealed a statistically significant increase in academic performance (F = 53.938, p < 0.001), where the mean score increased from 6.533 points in the diagnostic stage to 7.389 in the formative stage and reached 8.261 in the summative stage, resulting in a total improvement of 1.728 points between the beginning and the end. Therefore, the synergistic implementation of the technological ecosystem successfully fulfills the research objective by demonstrating that the combination of instructional mediation and digital innovation enhances student performance.

Keywords: Electromagnetism, educational technology, student assessment, pedagogical innovation, teaching.

Las obras que se publican en Revista Gner@ndo están bajo la licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional

Introducción

La Física en la escuela secundaria trae consigo obstáculos particulares cuando el contenido exige vincular modelos, expresiones matemáticas y observaciones del laboratorio en un mismo razonamiento. El electromagnetismo es de los temas más difíciles de esa lista. Campo eléctrico, corriente, potencial, interacción magnética, circuitos: todos estos conceptos piden que el estudiante maneje distintas formas de representación al mismo tiempo y logre conectar ideas abstractas con situaciones físicas que puede tocar o medir.

Las simulaciones digitales dan una vía distinta para mostrar procesos que en la práctica cuesta observar de forma directa. El proyecto PhET, de la University of Colorado Boulder, reúne simulaciones interactivas de ciencias y matemáticas pensadas para que el estudiante explore por su cuenta, mueva variables y vea cómo se relacionan entre sí (Aguilar et al., 2023).

La inteligencia artificial generativa suma un recurso más al repertorio disponible para la enseñanza. Estas herramientas sirven para dar explicaciones, generar ejemplos, apoyar la resolución de problemas y dar retroalimentación al estudiante.

Su incorporación en el aula pide una planificación pedagógica que mantenga al estudiante como protagonista de su propio aprendizaje. Hay que pensar también en privacidad, edad, seguridad y validación pedagógica de cada herramienta antes de llevarla a clase. La UNESCO recomienda justamente eso, un enfoque centrado en las personas para incorporar la inteligencia artificial generativa en educación e investigación (UNESCO, 2024).

Lo que hace útil a estas tecnologías, visto desde la pedagogía, no es tanto su ficha técnica sino cómo se acomodan dentro de las actividades de aprendizaje. Una simulación permite explorar un fenómeno. Una herramienta de inteligencia artificial da retroalimentación. Una plataforma de gestión organiza las actividades y un recurso de experimentación permite contrastar predicciones con observaciones reales. Mirar la intervención de esta manera, como un conjunto de piezas que trabajan juntas, evita atribuirle los resultados a una sola aplicación aislada (Clark et al., 2020).

Este estudio evaluó una intervención educativa que combinó simulaciones PhET, inteligencia artificial, análisis de video, experimentación con Arduino y varias plataformas digitales para enseñar electromagnetismo. Se trabajó con un solo grupo de estudiantes, evaluado antes, durante y después de la intervención. Este diseño permite ver cómo cambia una variable dentro del mismo grupo a lo largo del tiempo. Tiene un límite claro, eso sí, al no contar con un grupo de comparación, no se puede establecer causalidad con certeza (Ramos, 2022).

Cuando una evaluación de intervención no tiene asignación aleatoria, hace falta describir con transparencia el diseño, la intervención, los participantes y los procedimientos usados, para

no caer en interpretaciones que la evidencia disponible no respalda. La declaración TREND se desarrolló justamente para eso, mejorar el reporte de este tipo de evaluaciones con diseños no aleatorizados (Des et al., 2004).

El objetivo de esta investigación fue determinar la efectividad de un ecosistema tecnológico con inteligencia artificial y simulaciones PhET para el aprendizaje del electromagnetismo en estudiantes de bachillerato. Para eso se analizó la evolución del rendimiento académico en las fases diagnóstica, formativa y sumativa.

La hipótesis alternativa planteó que las puntuaciones de rendimiento académico difieren significativamente entre esas tres fases. La hipótesis nula, por su parte, sostuvo que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las puntuaciones obtenidas en cada una.

Materiales Y Métodos

La investigación siguió un enfoque cuantitativo. El aprendizaje de los estudiantes se midió con puntuaciones obtenidas en evaluaciones de conocimientos sobre electromagnetismo, y lo que se buscaba era ver si el rendimiento académico cambiaba durante la aplicación de un ecosistema tecnológico que combinó inteligencia artificial, simulaciones PhET y otros recursos digitales y experimentales.

Se trabajó con un diseño preexperimental de un solo grupo con medidas repetidas. Participó un curso de bachillerato de 45 estudiantes, sin grupo de control. Los mismos estudiantes fueron evaluados en tres momentos, antes de la intervención, durante su desarrollo y al finalizarla, lo que permitió comparar a cada estudiante consigo mismo a lo largo del proceso. Al no haber grupo de comparación, los resultados se interpretan como cambios observados durante la intervención y no como prueba de un efecto causal exclusivo de esta.

El proceso se organizó en tres fases. La evaluación diagnóstica se aplicó antes de iniciar las actividades para identificar el nivel inicial de conocimientos sobre electromagnetismo. La evaluación formativa se desarrolló durante la intervención para valorar el progreso alcanzado. La evaluación sumativa se aplicó al finalizar las actividades para determinar el nivel de conocimientos logrado. Cada estudiante aportó así tres puntuaciones que permitieron analizar la evolución de su rendimiento.

La intervención se pensó como un ecosistema tecnológico, es decir, la integración de distintas herramientas usadas según lo que pedía cada actividad de aprendizaje. Las simulaciones PhET sirvieron para representar y explorar fenómenos electromagnéticos con escenarios interactivos. ChatGPT y Gemini se usaron como apoyo para explicar conceptos, resolver actividades y dar retroalimentación. Tracker se incorporó para el análisis de videos y fenómenos físicos, y Arduino permitió desarrollar actividades de experimentación y

comprobación. Moodle organizó los contenidos y actividades, Quizizz se usó para los procesos de evaluación y retroalimentación, y Nearpod para presentar contenidos y sumar participación de los estudiantes.

Análisis de Resultados

Se observó un incremento progresivo del rendimiento académico durante las tres fases de evaluación, estos resultados se evidencian en la Tabla 1.

Tabla 1.

Medias marginales estimadas del rendimiento académico

Fase de evaluación	M	EE
Diagnóstica	6,533	0,264
Formativa	7,389	0,181
Sumativa	8,261	0,132

Nota. M = media marginal estimada; EE = error estándar.

Entre la evaluación diagnóstica y la formativa la diferencia fue de 0,856 puntos. De la formativa a la sumativa el aumento fue de 0,872 puntos. En total, entre el diagnóstico y la evaluación sumativa, el cambio acumulado llegó a 1,728 puntos.

Prueba de esfericidad

Antes de analizar el efecto de la fase de evaluación sobre el rendimiento académico, se verificó el supuesto de esfericidad que exige el ANOVA de medidas repetidas. Para eso se usó la prueba de esfericidad de Mauchly, que determina si las varianzas de las diferencias entre las mediciones repetidas cumplen dicho supuesto. Los resultados se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2.

Prueba de esfericidad de Mauchly

Estadístico	Valor
W de Mauchly	0,675
χ^2	16,109
gl	2
p	< 0,001
ε de Greenhouse-Geisser	0,755

La prueba de esfericidad de Mauchly mostró que el supuesto no se cumplió, W = 0,675, $\chi^2(2) = 16,109$, $p < 0,001$. Por eso se aplicó la corrección de Greenhouse-Geisser ($\varepsilon = 0,755$)

para ajustar los grados de libertad del ANOVA de medidas repetidas, un ajuste que da una estimación más robusta de la significancia del efecto de la fase de evaluación sobre el rendimiento académico.

Efecto de la fase de evaluación

Para determinar si el rendimiento académico presentó cambios estadísticamente significativos entre las etapas de evaluación, se aplicó un ANOVA de medidas repetidas con las puntuaciones obtenidas por los estudiantes en las fases diagnóstica, formativa y sumativa. Este análisis permitió establecer si las diferencias observadas entre las mediciones correspondían a variaciones estadísticamente significativas del rendimiento académico.

Tabla 3.

ANOVA de medidas repetidas para el efecto de la fase

Efecto	F	p	Decisión
Fase de evaluación	53,938	< 0,001	Rechazar H_0

El ANOVA de medidas repetidas mostró un efecto estadísticamente significativo de la fase de evaluación sobre el rendimiento académico, $F = 53,938$, $p < 0,001$. Como el valor de p queda por debajo del nivel de significancia establecido ($\alpha = 0,05$), se rechaza la hipótesis nula, las puntuaciones de rendimiento académico no fueron iguales entre las fases diagnóstica, formativa y sumativa. Las comparaciones por pares con ajuste de Bonferroni confirmaron diferencias estadísticamente significativas entre las tres fases. Las puntuaciones medias pasaron de 6,533 en la fase diagnóstica a 7,389 en la formativa y 8,261 en la sumativa, un incremento progresivo a lo largo de todo el proceso de evaluación.

Comparaciones entre las fases de evaluación

Para identificar entre qué fases se dieron las diferencias en el rendimiento académico, se hicieron comparaciones por pares entre las evaluaciones diagnóstica, formativa y sumativa, aplicando el ajuste de Bonferroni para controlar el error asociado a las comparaciones múltiples.

Tabla 4:

Presenta las diferencias de medias entre cada par de fases junto con su nivel de significancia.

Comparación	Diferencia de medias	Significancia
Diagnóstica – Formativa	-0,856	< 0,001
Diagnóstica – Sumativa	-1,728	< 0,001
Formativa – Sumativa	-0,872	< 0,001

Las tres comparaciones mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$). Entre la diagnóstica y la formativa, la diferencia fue de −0,856 puntos, el rendimiento medio subió 0,856 puntos en la fase formativa respecto de la diagnóstica. Entre la diagnóstica y la sumativa la diferencia fue de −1,728 puntos, el mayor incremento de los tres. El rendimiento medio al finalizar el proceso quedó 1,728 puntos por encima del registrado en la evaluación diagnóstica. Entre la formativa y la sumativa la diferencia fue de −0,872 puntos, un aumento de 0,872 puntos en la fase final respecto de la formativa. Todo esto apunta a un cambio significativo en el rendimiento durante el proceso evaluado.

Discusión

El propósito de esta investigación fue determinar la efectividad de un ecosistema tecnológico integrado por inteligencia artificial, simulaciones PhET, análisis de video, experimentación con Arduino y plataformas digitales para apoyar el aprendizaje del electromagnetismo. Para eso se analizó la evolución del rendimiento académico en tres fases de evaluación. Las medias marginales estimadas mostraron una tendencia ascendente, de 6,533 puntos en la fase diagnóstica a 8,261 en la sumativa, un incremento de 1,728 puntos.

El ANOVA de medidas repetidas identificó diferencias estadísticamente significativas entre las fases de evaluación, $F = 53,938$, $p < 0,001$. Las comparaciones por pares mostraron diferencias significativas entre el diagnóstico y la evaluación formativa, entre el diagnóstico y la sumativa, y entre la formativa y la sumativa. En términos descriptivos, el rendimiento no solo aumentó al finalizar la intervención, sino que tuvo una evolución progresiva a lo largo de todo el proceso. Interpretar bien el análisis pide informar también los grados de libertad, el tamaño del efecto y los intervalos de confianza, el valor de p solo permite determinar la significancia estadística, no la relevancia pedagógica del cambio (Eidman & de la Iglesia, 2025; Lakens, 2022).

Esta tendencia coincide con investigaciones recientes sobre el potencial de los simuladores virtuales para favorecer la comprensión de conceptos físicos abstractos. Una revisión sobre simulación computacional en la enseñanza de la física señala que herramientas

como PhET facilitan la visualización de fenómenos, la manipulación de variables y la participación activa del estudiante (Aguay et al., 2025; Medeiros et al., 2026). Estudios recientes reportan además que las simulaciones virtuales resultan especialmente útiles cuando se integran con actividades guiadas de exploración, discusión y reflexión, en lugar de usarlas como recursos aislados (Antonio & Castro, 2023; Rivadeneira et al., 2024). Poder observar representaciones dinámicas de campos eléctricos, potenciales, corrientes y relaciones entre variables ayuda a vincular modelos teóricos con situaciones observables.

Desde una perspectiva pedagógica, la mejora identificada podría explicarse por la complementariedad de los recursos utilizados. Las simulaciones PhET ofrecieron un entorno para explorar fenómenos mediante representaciones interactivas. Arduino permitió acercarse a la medición y experimentación con dispositivos. Tracker apoyó el análisis de registros audiovisuales, Moodle organizó los contenidos y las actividades, y Quizizz y Nearpod facilitaron la participación y la evaluación formativa. Esto coincide con la idea de que el valor educativo de una herramienta depende menos de sus características técnicas aisladas que de cómo se integra con los objetivos, las tareas y la mediación docente (Erazo et al., 2024).

La inteligencia artificial pudo aportar mediante explicaciones adaptadas, generación de preguntas, orientación durante la resolución de problemas o retroalimentación inmediata. Diversas revisiones recientes sostienen que la IA apoya la personalización del aprendizaje, la identificación de dificultades y la automatización de ciertas tareas de evaluación, sobre todo en disciplinas científicas y técnicas (Bolaño & Duarte, 2026). Estos beneficios dependen de la calidad de las consignas, del acompañamiento docente y de la capacidad del estudiante para valorar críticamente las respuestas generadas. La IA no debe entenderse como sustituto de la enseñanza sino como un recurso mediador dentro de una secuencia didáctica intencional.

La interpretación causal pide prudencia. El estudio trabajó con un solo grupo y sin condición de control. El incremento de las evaluaciones puede asociarse en el tiempo con la implementación del ecosistema tecnológico, pero no se puede afirmar que este haya sido la única causa del cambio. La maduración académica, la familiarización con los contenidos, la práctica derivada de las evaluaciones sucesivas, el acompañamiento del docente y otros hechos ocurridos durante el período de intervención también pudieron influir en los resultados (Chávez et al., 2020). Los diseños preexperimentales de un solo grupo sirven para identificar tendencias iniciales, pero tienen una capacidad limitada para descartar explicaciones alternativas (Romero et al., 2018). El efecto de prueba es una amenaza particularmente relevante aquí. Aplicar evaluaciones en tres momentos pudo familiarizar a los estudiantes con el formato, el tipo de preguntas o los contenidos examinados. Parte del incremento podría explicarse entonces por la

práctica acumulada en la resolución de los instrumentos y no solo por el aprendizaje producido durante la intervención. Para reducir esta amenaza en futuras investigaciones, convendría usar formas paralelas del instrumento, equilibrar el orden de los reactivos, incluir un grupo de comparación y establecer un período de seguimiento posterior a la evaluación sumativa.

Otra limitación tiene que ver con la naturaleza integrada de la intervención. PhET, inteligencia artificial, Tracker, Arduino, Moodle, Quizizz y Nearpod se usaron de manera simultánea o complementaria. El análisis no permite estimar la contribución específica de cada recurso ni determinar si alguno produjo un efecto mayor que los demás. El resultado obtenido debe leerse como evidencia de una evolución del rendimiento durante la implementación de una propuesta tecnológica integrada, no como prueba de que una herramienta específica haya producido por sí sola el incremento observado (Bolaño & Duarte, 2026).

La incorporación de inteligencia artificial exige además considerar aspectos pedagógicos, éticos y de protección de datos. La literatura reciente advierte sobre riesgos relacionados con la dependencia tecnológica, la generación de información incorrecta, los sistemas algorítmicos, la privacidad y la desigualdad en el acceso (García et al., 2024). El uso de IA debe acompañarse de orientaciones claras sobre verificación de información, autoría, uso responsable de datos y evaluación crítica de las respuestas. En este estudio la IA se incorporó como parte de un conjunto más amplio de recursos y no como sustituto de la interacción pedagógica, una decisión coherente con una integración centrada en el estudiante y bajo supervisión docente.

El aumento de 1,728 puntos entre la evaluación diagnóstica y la sumativa tiene relevancia descriptiva y fue estadísticamente significativo. Pero la importancia educativa del cambio no se puede establecer solo comparando medias. Para fortalecer la interpretación hace falta informar el tamaño de la muestra, las desviaciones estándar, la confiabilidad del instrumento, los intervalos de confianza y un índice de tamaño del efecto, como η^2p, dz o la diferencia estandarizada entre fases. También convendría establecer criterios de logro que permitan ver cuántos estudiantes alcanzaron un nivel suficiente de dominio del electromagnetismo, sin limitar el análisis al promedio grupal (Ramos, 2022). De cara a investigaciones futuras, sería recomendable un diseño cuasiexperimental con grupo de comparación, asignación aleatoria cuando sea viable o, al menos, grupos no equivalentes con mediciones pretest y postest. También valdría la pena desarrollar diseños factoriales o estudios por componentes que comparen, por ejemplo, el uso de PhET frente a PhET más inteligencia artificial, o la simulación virtual frente a la experimentación con Arduino. Los modelos lineales mixtos, por su parte, podrían servir para analizar la trayectoria individual de los estudiantes y considerar diferencias

en el conocimiento previo, la asistencia, el tiempo de exposición y la participación en las actividades.

Los resultados dan evidencia de una evolución estadísticamente significativa del rendimiento académico durante la aplicación del ecosistema tecnológico. La combinación de simulación, experimentación, análisis digital, retroalimentación e inteligencia artificial pudo generar distintas oportunidades para representar, explorar, contrastar y evaluar los conceptos de electromagnetismo. Por la ausencia de un grupo de comparación y el uso simultáneo de múltiples recursos, estos hallazgos deben leerse como evidencia preliminar de cambio asociado al proceso educativo, no como una demostración causal definitiva de la efectividad de una herramienta particular.

Conclusiones

La aplicación del ecosistema tecnológico provocó un incremento progresivo y estadísticamente significativo en el rendimiento académico de los estudiantes de bachillerato en la asignatura de Física, específicamente en el tema de electromagnetismo. El análisis mediante ANOVA de medidas repetidas mostró diferencias significativas a lo largo del proceso ($F = 53{,}938$, $p < 0{,}001$), evidenciando un aumento en la puntuación media desde la fase diagnóstica (6,533 puntos) hacia la formativa (7,389 puntos) y alcanzando la sumativa (8,261 puntos). Las comparaciones por pares con ajuste de Bonferroni respaldaron que cada fase superó a la anterior de manera significativa, acumulando una mejora total de 1,728 puntos entre el inicio y el cierre del estudio. El éxito didáctico de la intervención no respondió a las características de una herramienta aislada, sino a la integración sinérgica y articulada de múltiples recursos digitales adaptados a los objetivos de aprendizaje. Las simulaciones PhET permitieron visualizar y manipular variables de fenómenos abstractos de electromagnetismo, mientras que las herramientas de inteligencia artificial (ChatGPT y Gemini) apoyaron la personalización mediante explicaciones conceptuales, apoyo en resolución de ejercicios y retroalimentación inmediata. Esta mediación se vio potenciada por el uso de Arduino, Tracker, Moodle, Quizizz y Nearpod para estructurar la experimentación, el análisis de video y la evaluación formativa activa bajo supervisión docente

Desde el rigor metodológico, los resultados del artículo deben interpretarse como evidencia preliminar de un cambio favorable en el rendimiento y no como una prueba causal definitiva. Al utilizar un diseño preexperimental de un solo grupo ($N = 45$) sin grupo de control, no es posible descartar variables confusoras como el efecto de prueba (familiarización con los exámenes), la práctica acumulada o la maduración de los alumnos, ni aislar el porcentaje exacto de impacto de la IA respecto a PhET u otras herramientas.

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. *Invecom*, *6*(2). https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.16051280

Aguilar, F., Flores, J., & Pacheco, D. (2023). Enseñanza en línea de las leyes de Newton, utilizando simulaciones PhET. *Innovación educativa*, *23*(92). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-26732023000200112&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Bolaño, M., & Duarte, N. (2026). *Una revisión sistemática del uso de la inteligencia artificial en la educación | Revista Colombiana de Cirugía*. *39*(1). https://doi.org/https://doi.org/10.30944/20117582.2365

Chávez, S., Esparza, Ó., & Riosvelasco, L. (2020). Diseños preexperimentales y cuasiexperimentales aplicados a las ciencias sociales y la educación. *Enseñanza e Investigación en Psicología*, *2*(2), 167-178. https://doi.org/10.62364/4fx57130

Clark, A., Robutti, O., & Thomas, M. (2020). Teaching with digital technology. *ZDM*, *52*(7), 1223-1242. https://doi.org/10.1007/s11858-020-01196-0

Des, D. C., Lyles, C., & Crepaz, N. (2004). Improving the Reporting Quality of Nonrandomized Evaluations of Behavioral and Public Health Interventions: The TREND Statement. *American Journal of Public Health*, *94*(3), 361-366. https://doi.org/10.2105/ajph.94.3.361

Eidman, L., & de la Iglesia, G. (2025). Análisis psicométricos de una Escala de Mindsets en población Argentina. *Revista Evaluar*, *25*(1). https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revaluar

Erazo, J., Inagán, F., Jácome, H., & Suárez, D. (2024). Las TICs en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la física en el bachillerato. *Sinergia Académica*, *7*(Especial 3), 520-533. https://doi.org/10.51736/2qatcp44

García, F., Llorens, F., & Vidal, J. (2024). La nueva realidad de la educación ante los avances de la inteligencia artificial generativa. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, *27*(1), 9-39. https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37716

Lakens, D. (2022). Sample Size Justification. *Collabra: Psychology*, *8*(1), 33267. https://doi.org/10.1525/collabra.33267

Medeiros, R., Duarte, M., & Oliveira, J. (2026). El uso de simulaciones PhET en la enseñanza de la física: Una revisión sistemática. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, *44*(2), 5-27. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6230

Ramos, C. (2022). Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, *10*(1). https://doi.org/http://dx.doi.org/10.33210/ca.v10i1.356

Romero, H., Ñaupas, H., Pañacios, J., & Valdivia, M. (2018). *Metodología de la investigación. Cuantitativa—Cualitativa y redacción de la tesis.* https://edicionesdelau.com/producto/metodologia-de-la-investigacion-cuantitativa-cualitativa-y-redaccion-de-la-tesis-5a-edicion/

UNESCO. (2024). *Guía para el uso de IA generativa en educación e investigación*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000389227