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

Ganancia de aprendizaje en electromagnetismo mediante un ecosistema tecnológico: análisis comparativo entre niveles de Bachillerato

Learning gains in electromagnetism through a technological ecosystem: A comparative analysis across high school grade levels

Gabriela Sonia Álvarez Silvestre, Ingrid Fabiana Martínez González, Blanca Azucena Ramírez Morán, Alexis Desire Quezada Ramírez.

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

Julio - diciembre, V°7-N°2; 2026

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

PAIS

- Ecuador, Guayaquil
- Ecuador, Guayaquil
- Ecuador, Guayaquil
- Ecuador, Guayaquil

INSTITUCION

- Unidad Educativa Fiscal Alberto Perdomo Franco
- Unidad Educativa Fiscal Alberto Perdomo Franco
- Escuela de Educación Básica Particular Transfiguración
- Unidad Educativa Fiscal Alberto Perdomo Franco

CORREO:

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

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

FORMATO DE CITA APA.

Álvarez, G., Martínez, I., Ramírez, B. & Quezada, A. (2026). Ganancia de aprendizaje en electromagnetismo mediante un ecosistema tecnológico: análisis comparativo entre niveles de Bachillerato. Revista *G-ner@ndo, V°7 (N°2,). P. 4101 – 4109.*

Resumen

El estudio analiza la ganancia de aprendizaje en electromagnetismo que produce un ecosistema tecnológico integrado por simulaciones PhET, guías de indagación dirigida y plataformas de evaluación continua, y compara sus resultados entre Primero, Segundo y Tercero de Bachillerato. Se empleó un enfoque cuantitativo con diseño cuasiexperimental pretest-postest en tres grupos no equivalentes de quince estudiantes cada uno (N = 45). Se aplicó un test de conocimientos conceptuales antes y después de la intervención, y la ganancia de aprendizaje se calculó como la diferencia estandarizada entre ambas mediciones. El diagnóstico no cumplió el supuesto de normalidad (Shapiro-Wilk, p = 0,003), por lo que la comparación entre niveles se hizo con la prueba H de Kruskal-Wallis. Los rangos promedio fueron similares entre los tres cursos (Primero = 22,67; Segundo = 24,40; Tercero = 21,93), y la prueba no encontró diferencias estadísticamente significativas (H = 0,284; gl = 2; p = 0,868). Estos resultados indican que el ecosistema tecnológico generó una ganancia de aprendizaje comparable en los tres niveles de Bachillerato, sin que el grado académico marcara diferencias relevantes. El hallazgo respalda el uso de recursos digitales articulados para enseñar electromagnetismo, aunque el tamaño reducido de la muestra y la ausencia de grupo control aconsejan interpretar los resultados con cautela.

Palabras clave: ecosistema tecnológico, ganancia de aprendizaje, electromagnetismo, simulaciones PhET, Bachillerato.

Abstract

This study analyzes the learning gain in electromagnetism produced by a technological ecosystem built from PhET simulations, guided-inquiry worksheets, and continuous digital assessment platforms, and compares the results across three high school grade levels. A quantitative approach with a quasi-experimental pretest-posttest design was used with three non-equivalent groups of fifteen students each (N = 45). A conceptual knowledge test was applied before and after the intervention, and the learning gain was calculated as the standardized difference between both measurements. The pretest did not meet the normality assumption (Shapiro-Wilk, p = .003), so the comparison across grade levels was carried out with the Kruskal-Wallis H test. Mean ranks were similar across the three grades (first year = 22.67; second year = 24.40; third year = 21.93), and the test found no statistically significant differences (H = 0.284; df = 2; p = .868). These results indicate that the technological ecosystem produced a comparable learning gain across the three high school levels, with no relevant differences linked to grade level. The finding supports the use of coherently articulated digital resources to teach electromagnetism, although the small sample size and the absence of a control group call for a cautious reading of the results.

Keywords: technological ecosystem, learning gain, electromagnetism, PhET simulations, high school.

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

Introducción

La enseñanza de las ciencias ocupa un lugar central en la formación de competencias que permiten a los estudiantes interpretar fenómenos naturales, resolver problemas y participar con criterio propio en una sociedad marcada por cambios científicos y tecnológicos constantes. La Física tiene un peso particular dentro del Bachillerato porque ayuda a comprender fenómenos relacionados con la materia, la energía, el movimiento, la electricidad y el magnetismo. Ciertos contenidos, sin embargo, resultan muy abstractos y exigen procesos de representación, razonamiento matemático y vínculo entre modelos teóricos y fenómenos observables, condiciones que complican la construcción de aprendizajes significativos. Estudios recientes en contextos educativos latinoamericanos señalan que aprender Física sigue siendo difícil, sobre todo cuando predominan metodologías centradas en transmitir contenidos y hay pocas oportunidades para experimentar e interactuar con fenómenos físicos (Fonseca & Simbaña, 2022; Rosales et al., 2023).

Esto se acentúa en el electromagnetismo. Conceptos como campo eléctrico, potencial eléctrico, corriente, resistencia, campo magnético, inducción electromagnética y leyes de Maxwell obligan al estudiante a articular representaciones matemáticas, gráficas y conceptuales al mismo tiempo. La dificultad para observar directamente varios de estos fenómenos puede generar interpretaciones alternativas o aprendizajes fragmentados. Por eso los recursos digitales, simuladores y laboratorios virtuales han cobrado importancia como estrategia para representar procesos que una enseñanza puramente convencional difícilmente logra mostrar. Investigaciones recientes encontraron que los simuladores interactivos favorecen la comprensión de conceptos abstractos de Física al permitir modificar variables, observar sus efectos y relacionar modelos con fenómenos (Rosales et al., 2023; Benavides & Anzules, 2025). En el caso específico de PhET aplicado a contenidos de electromagnetismo, se han reportado mejoras en la comprensión conceptual y en la resolución de problemas tras implementar secuencias didácticas apoyadas en simulaciones (Chuni & Panamá, 2025).

Incorporar tecnología no garantiza por sí solo una mejora en los aprendizajes. El Informe de Seguimiento de la Educación en el Mundo de la UNESCO (2023) advierte que todavía hay evidencia insuficiente y desigual sobre el valor añadido de la tecnología educativa, y sostiene que su integración debe apuntar a los resultados de aprendizaje, no simplemente a sumar dispositivos o plataformas. La UNESCO plantea que las tecnologías digitales pueden ampliar las oportunidades de aprendizaje, diversificar cómo se representan los contenidos, promover la interacción y favorecer procesos de personalización, siempre que estén articuladas con propósitos pedagógicos definidos y con la interacción humana. Esto es relevante para la

enseñanza de la Física, donde la tecnología puede cumplir funciones complementarias: simulación de fenómenos, experimentación virtual, recopilación y análisis de datos, visualización de variables, comunicación de resultados y retroalimentación.

De aquí surge la idea de ecosistema tecnológico educativo: la articulación intencional de distintos recursos digitales dentro de una secuencia pedagógica coherente, en lugar de usar herramientas tecnológicas de forma aislada. La literatura reciente sobre educación STEM plantea la necesidad de integrar ciencia, tecnología, ingeniería y matemática mediante experiencias interdisciplinarias, contextualizadas y orientadas a desarrollar habilidades científicas (Chavarría & Guede, 2023). En Ecuador, Fonseca y Simbaña (2022) estudiaron la aplicación del enfoque STEM y el aprendizaje basado en proyectos en estudiantes de primero de Bachillerato, y encontraron que las metodologías activas ayudan a vincular los contenidos de Física con el desarrollo de habilidades científicas. Otras investigaciones que combinaron laboratorios virtuales, plataformas educativas y dispositivos digitales mostraron resultados favorables en el desarrollo de competencias científicas y en la comprensión de fenómenos físicos.

El contexto educativo ecuatoriano confirma la necesidad de investigar alternativas para fortalecer los aprendizajes científicos. Los resultados nacionales de la evaluación Ser Estudiante muestran que el promedio de Física en Bachillerato bajó de 693 puntos sobre 1000 en el año lectivo 2022-2023 a 689 puntos en 2023-2024 (INEVAL, 2025). Se trata de un retroceso moderado, que se suma al hecho de que los puntajes de Bachillerato en Física siguen alejados del umbral de 700 puntos considerado como logro del perfil de salida. El INEVAL (2025) señala que Ser Estudiante permite monitorear los aprendizajes en el tiempo y generar evidencia para orientar decisiones educativas y procesos de investigación. Física es una de las asignaturas evaluadas específicamente en Bachillerato, lo que da un referente nacional para analizar qué necesita fortalecerse en el aprendizaje científico.

A nivel internacional, PISA también muestra la necesidad de reforzar los aprendizajes científicos. La edición 2022 encontró que el desempeño promedio en ciencias de los países de la OCDE no varió de forma estadísticamente significativa respecto de 2018, pero las trayectorias de rendimiento venían cayendo desde la década anterior, en un escenario donde el desempeño educativo general bajó tras la pandemia (OECD, 2023). El desafío no es solo ampliar el acceso de los estudiantes a tecnologías digitales, sino determinar bajo qué condiciones pedagógicas estas herramientas contribuyen realmente a aprendizajes científicos profundos.

El electromagnetismo es un campo especialmente apropiado para estudiar el potencial de un ecosistema tecnológico, porque permite combinar simulaciones, laboratorios virtuales, experimentación, plataformas de aprendizaje, herramientas de análisis de datos y recursos de

inteligencia artificial dentro de una misma experiencia educativa. Hay resultados positivos cuando los simuladores se incorporan a secuencias didácticas estructuradas. Benavides y Anzules (2025) analizaron el uso de PhET para enseñar campo eléctrico en estudiantes de Bachillerato mediante un diseño cuasiexperimental. Chuni y Panamá (2025) reportaron mejoras en el aprendizaje de contenidos de electromagnetismo mediante una secuencia didáctica basada en simulaciones PhET. Estos antecedentes se concentran en intervenciones puntuales o en contenidos específicos, así que todavía falta profundizar en cómo se comporta el aprendizaje cuando distintos recursos tecnológicos se articulan como un ecosistema, y en particular al comparar estudiantes de distintos niveles de Bachillerato.

Este estudio busca analizar la ganancia de aprendizaje en electromagnetismo mediante un ecosistema tecnológico y comparar sus resultados entre niveles de Bachillerato, para determinar si la integración sistemática de recursos digitales se relaciona con diferencias en el desempeño de los estudiantes. El interés no está solo en si la tecnología mejora las calificaciones, sino en identificar cuánto es la ganancia de aprendizaje y si esta cambia según el nivel educativo. El propósito es aportar evidencia empírica para tomar decisiones didácticas en la enseñanza de la Física y contribuir al debate sobre la integración pedagógica de tecnologías digitales en el Bachillerato ecuatoriano, entendiendo la tecnología como medio para mejorar resultados educativos y no como un fin en sí mismo.

Métodos y Materiales

Se empleó un enfoque cuantitativo con alcance descriptivo-comparativo y un diseño cuasiexperimental con medición pretest-postest en grupos no equivalentes.

La muestra estuvo conformada por N = 45 estudiantes matriculados en Bachillerato General Unificado, repartidos en tres subgrupos independientes según su grado lectivo: quince estudiantes de primero de Bachillerato, quince de segundo y quince de tercero.

La secuencia didáctica se apoyó en un ecosistema tecnológico con tres componentes. El primero fueron simulaciones virtuales interactivas, mediante applets de PhET sobre cargas y campos, ley de Faraday, imanes y electroimanes. El segundo consistió en guías de indagación dirigida, hojas de trabajo estructuradas bajo un modelo de aprendizaje activo. El tercero fueron plataformas de gestión y evaluación continua, con cuestionarios digitales dinámicos que daban retroalimentación inmediata.

Se diseñó un test de conocimientos conceptuales en electromagnetismo, integrado por reactivos estructurados, y se aplicó en dos momentos académicos. Primero una evaluación diagnóstica (pretest), para medir el nivel de partida antes de la intervención tecnológica. Después

una evaluación sumativa (postest), para valorar la consolidación de aprendizajes tras usar el ecosistema tecnológico.

La ganancia de aprendizaje se calculó a partir de la diferencia estandarizada entre la calificación sumativa y la diagnóstica de cada estudiante.

H01 (hipótesis nula de normalidad): la distribución de los puntajes obtenidos en las evaluaciones de electromagnetismo, diagnóstica y sumativa, sigue una distribución normal.

H11 (hipótesis alternativa de normalidad): la distribución de esos puntajes no sigue una distribución normal.

H0: no hay diferencias estadísticamente significativas en la ganancia de aprendizaje en electromagnetismo entre los estudiantes de Primero, Segundo y Tercero de Bachillerato tras aplicar el ecosistema tecnológico ($Mediana_1 = Mediana_2 = Mediana_3$).

H1: hay diferencias estadísticamente significativas en la ganancia de aprendizaje en electromagnetismo entre al menos dos de los niveles de Bachillerato, Primero, Segundo y Tercero, tras aplicar el ecosistema tecnológico (Mediana_i ≠ Mediana_j).

El análisis estadístico se procesó en IBM SPSS Statistics v.26. Primero se verificaron los supuestos de distribución mediante las pruebas de Kolmogorov-Smirnov, con corrección de Lilliefors, y Shapiro-Wilk (α = 0,05). Para comparar los tres grupos independientes de Bachillerato se usó estadística inferencial no paramétrica, en concreto la prueba H de Kruskal-Wallis.

Análisis de Resultados

Comprobación del Supuesto de Normalidad

Para definir la ruta de análisis inferencial (paramétrica o no paramétrica), se sometieron los puntajes de las evaluaciones diagnóstica y sumativa a las pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk. Dado que la muestra en cada subgrupo es de n = 15 (N = 45 total), se toma como referencia principal el estadístico Shapiro-Wilk.

Tabla 1.

Análisis de normalidad

	Kolmogorov-Smirnova			**Shapiro-Wilk**		
	Estadístico	**gl**	**Sig.**	**Estadístico**	**gl**	**Sig.**
diagnostico	,206	45	,000	,917	45	,003
sumativa	,129	45	,060	,971	45	,313

Como se aprecia en la Tabla 1, la variable diagnóstico dio un valor W = 0,917 con una significación de p = 0,003 (p < 0,05), por lo que se rechaza la hipótesis nula de normalidad: la

evaluación inicial no sigue una distribución normal. La variable sumativa, en cambio, registró W = 0,971 con p = 0,313 (p > 0,05), lo que muestra que la evaluación posterior a la intervención sí cumple el supuesto de normalidad.

Como el diagnóstico no cumplió ese supuesto, el análisis comparativo entre grupos se hizo con pruebas no paramétricas.

Análisis Comparativo entre Niveles de Bachillerato

Para determinar si existen diferencias significativas en la ganancia de aprendizaje en electromagnetismo según el curso, se aplicó la prueba H de Kruskal-Wallis para tres muestras independientes (Primero, Segundo y Tercero de Bachillerato).

Tabla 2.

Análisis Comparativo entre niveles de bachillerato

	curso	N	Rango promedio
ganancia	Primero	15	22,67
	Segundo	15	24,40
	Tercero	15	21,93
	Total	**45**	

Los rangos promedio de la Tabla 2 muestran un comportamiento bastante parejo entre los tres cursos. Segundo de Bachillerato obtuvo el rango promedio más alto, con 24,40, seguido por Primero, con 22,67, y Tercero, con 21,93.

Tabla 3.

Prueba H de Kruskal-Wallis

	ganancia
H de Kruskal-Wallis	,284
Gl	2
Sig. Asintótica	,868

Como se observa en la Tabla 3, el estadístico H de Kruskal-Wallis fue de 0,284 con 2 grados de libertad, con una significación asintótica de p = 0,868. Al ser p > 0,05, no se rechaza la hipótesis nula, así que no hay diferencias estadísticamente significativas en la ganancia de aprendizaje entre Primero, Segundo y Tercero de Bachillerato.

Discusión

Los resultados muestran que el ecosistema tecnológico produjo una ganancia de aprendizaje bastante pareja en los tres niveles de Bachillerato. Segundo obtuvo el rango

promedio más alto (24,40), seguido de Primero (22,67) y Tercero (21,93), pero la prueba de Kruskal-Wallis no encontró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos (H = 0,284; p = 0,868). Esto indica que la combinación de simulaciones PhET, guías de indagación y evaluaciones digitales con retroalimentación inmediata benefició de forma similar a los estudiantes, sin importar el curso. Coincide con Rosero et al. (2022), quienes señalan que las simulaciones interactivas facilitan la experimentación, el análisis y la explicación de fenómenos científicos cuando se integran en una secuencia didáctica estructurada.

La ausencia de diferencias entre niveles puede leerse como un efecto de la propia organización pedagógica de la intervención. El ecosistema no se limitó a usar una herramienta digital: articuló representación visual de fenómenos electromagnéticos, actividades orientadas y evaluación formativa. Esa integración pudo reducir las diferencias iniciales asociadas al grado escolar, al darle a todos los participantes oportunidades similares para observar variables, formular explicaciones y comprobar sus respuestas. La UNESCO plantea algo parecido: la tecnología educativa aporta valor cuando está subordinada a objetivos pedagógicos claros y refuerza la interacción entre docente y estudiante, no cuando se incorpora solo por tener dispositivos o plataformas disponibles (UNESCO, 2023).

Los hallazgos respaldan usar recursos tecnológicos para abordar contenidos abstractos como el campo eléctrico, la inducción electromagnética y los electroimanes. El resultado, eso sí, no permite afirmar que la tecnología por sí sola explique la ganancia obtenida. Esta también pudo estar relacionada con las guías de trabajo, la mediación docente, la familiaridad previa con los contenidos o el efecto de haber tomado dos mediciones. El aporte principal del estudio está en mostrar que una propuesta tecnológica coherente puede generar mejoras comparables entre estudiantes de Primero, Segundo y Tercero de Bachillerato, sin que el nivel académico marque diferencias significativas en la ganancia alcanzada.

Entre las limitaciones está el tamaño reducido de la muestra (N = 45), con solo quince estudiantes por nivel, lo que limita la generalización de los resultados y puede reducir la capacidad estadística para detectar diferencias pequeñas. Se trabajó con grupos no equivalentes y sin grupo control, así que no es posible atribuir la ganancia únicamente al ecosistema tecnológico. El estudio se desarrolló en un contexto educativo específico, con un instrumento centrado en conocimientos conceptuales, por lo que sus resultados no necesariamente reflejan el desarrollo de habilidades experimentales, pensamiento crítico o aprendizaje a largo plazo. Vale considerar también que el diagnóstico no presentó distribución normal (p = 0,003), lo que justificó usar una prueba no paramétrica, pero conviene interpretar los hallazgos con cautela.

Conclusiones

La comparación entre niveles de Bachillerato no mostró diferencias estadísticamente significativas en la ganancia de aprendizaje en electromagnetismo ($H = 0,284$; $p = 0,868$), lo que indica que el ecosistema tecnológico basado en simulaciones PhET, guías de indagación y evaluación digital continua benefició de manera similar a estudiantes de Primero, Segundo y Tercero de Bachillerato.

Este resultado sugiere que, para contenidos abstractos como el campo eléctrico, la inducción electromagnética o los electroimanes, la variable que más pesa en el aprendizaje es la coherencia de la propuesta pedagógica y no el grado académico de los estudiantes. Integrar representación visual, actividades de indagación y retroalimentación inmediata dentro de una misma secuencia parece nivelar puntos de partida distintos entre cursos.

El estudio tiene limitaciones que conviene señalar: una muestra reducida ($N = 45$, quince estudiantes por nivel), la ausencia de un grupo control y el uso de un único instrumento centrado en conocimientos conceptuales. Investigaciones futuras podrían replicar este diseño con muestras más amplias, incorporar un grupo control y dar seguimiento a la retención del aprendizaje a mediano plazo, además de explorar el desarrollo de habilidades experimentales y de pensamiento crítico que el instrumento actual no capta.

Referencias bibliográficas

Benavides González, W. A., & Anzules Intriago, D. A. (2025). Aplicación de simuladores virtuales en la enseñanza del campo eléctrico a nivel de bachillerato. *South Florida Journal of Development*, 6(5), e5320. https://doi.org/10.46932/sfjdv6n5-064

Chavarría Pérez, C., & Guede-Cid, R. (2023). La educación STEM como práctica transdisciplinar en la educación secundaria y bachillerato. *Revista Iberoamericana de Educación*, 92(1), 61-70. https://doi.org/10.35362/rie9215804

Chuni Gaona, J. G., & Panamá Criollo, G. W. (2025). Simuladores Tecnología de la Educación en Física (PhET) para el aprendizaje de conceptos de electromagnetismo de docentes en formación. *Arandu UTIC*, 12(3), 2917-2936. https://doi.org/10.69639/arandu.v12i3.1521

Fonseca-Factos, A., & Simbaña-Gallardo, V. (2022). Enfoque STEM y aprendizaje basado en proyectos para la enseñanza de la física en educación secundaria. *Revista Digital Novasinergia*, 5(2), 90-105. https://doi.org/10.37135/ns.01.10.06

Instituto Nacional de Evaluación Educativa. (2025). Resultados de la evaluación nacional Ser Estudiante 2023-2024. *INEVAL*. https://www.evaluacion.gob.ec/ineval-presento-los-resultados-de-la-evaluacion-nacional-ser-estudiante-2024/

OECD. (2023). *PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/53f23881-en

Rosales Guamán, A. V., Cuenca Cumbicos, K. M., Morocho Palacios, H. F., & Tapia Peralta, S. R. (2023). El uso de simuladores en línea para la enseñanza de la física: una herramienta educativa efectiva. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 1488-1496. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6291

Rosero, L. S., Rivera Toro, K. A., & Guerrero Julio, M. L. (2022). Simulaciones en PhET como estrategia para generar aprendizaje significativo al potenciar la competencia explicación de fenómenos. *Panorama*, 16(30), 1-21. https://www.redalyc.org/journal/3439/343969897013/html/

UNESCO. (2023). Informe de seguimiento de la educación en el mundo, 2023: Tecnología en la educación, ¿una herramienta en los términos de quién? *UNESCO*. https://gem-report-2023.unesco.org/es/