



PhET Y SU IMPACTO EN EL APRENDIZAJE DE CIENCIAS NATURALES EN ESTUDIANTES UEF MARÍA INMACULADA

PHET AND ITS IMPACT ON THE LEARNING OF NATURAL SCIENCES IN UEF MARÍA INMACULADA STUDENTS

PHET E SEU IMPACTO NA APRENDIZAGEM DAS CIÊNCIAS NATURAIS NOS ALUNOS DA UEF MARÍA INMACULADA

Resumen

Econ. Joseph Cedeño García

jacedenog@ube.edu.ec

Universidad Bolivariana del Ecuador

Orcid: 0009-0005-5776-9229

Lcda. Mercedes Sangucho Quishpe

mmsanguchoq@ube.edu.ec

Universidad Bolivariana del Ecuador

Orcid: 0009-0009-2742-4747

Dr. José Medina Moreira

Jjmedinam@ube.edu.ec

Universidad Bolivariana del Ecuador

Orcid:0000-0003-1728-1462

Dr. Lorena Boderó Arizaga

Ldboderoa@ube.edu.ec

Universidad Bolivariana del Ecuador

Orcid: 0000-0002-8081-5861

El presente estudio tuvo como propósito determinar el impacto de las simulaciones interactivas en el rendimiento académico en Ciencias Naturales de 31 estudiantes de octavo año de la Unidad Educativa María Inmaculada en el periodo (marzo–abril 2025). Mediante la medición del promedio de calificaciones y análisis estadísticos (Shapiro–Wilk y correlación de Spearman), se encontró una relación positiva y significativa entre las horas semanales de uso de PhET y el rendimiento académico ($\rho = 0.676$; $p < 0.001$). El uso sistemático de simulaciones mejoró la comprensión conceptual, resolución de problemas y autonomía estudiantil. Sin embargo, se identificaron obstáculos: brecha digital, acceso limitado a dispositivos y conectividad, y necesidad de capacitación docente. PhET demuestra ser un recurso muy valioso para complementar la enseñanza tradicional en entornos con recursos limitados, siempre que su implementación incluya planificación curricular, formación docente, infraestructura adecuada y evaluación continua. Los resultados sugieren que las simulaciones interactivas pueden transformar positivamente el aprendizaje científico cuando se integran estratégicamente en el proceso educativo.

Palabras clave: Simulaciones interactivas; aprendizaje activo; tecnología educativa; PhET

REVISTA TSE'DE

Instituto Superior Tecnológico

Tsa'chila

ISSN: 2600-5557

Abstract

This study aimed to determine the impact of interactive simulations on the academic performance in Natural Sciences of 31 eighth-grade students at the María Inmaculada Educational Unit during the period of March–April 2025. Through the measurement of grade point averages and statistical analysis (Shapiro-Wilk and Spearman correlation), a positive and significant relationship was found between weekly hours of PhET use and academic performance ($\rho = 0.676$; $p < 0.001$). The systematic use of simulations improved conceptual understanding, problem-solving skills, and student autonomy. However, obstacles were identified: the digital divide, limited access to devices and connectivity, and the need for teacher training. PhET proves to be a valuable resource for complementing traditional teaching in resource-constrained environments, provided its implementation includes curriculum planning, teacher training, adequate infrastructure, and continuous assessment. The results suggest that interactive simulations can positively transform scientific learning when strategically integrated into the educational process.

Keywords: Interactive simulations; active learning; educational technology; PhET

Resumo

Este estudo teve como objetivo determinar o impacto de simulações interativas no desempenho acadêmico em Ciências Naturais de 31 alunos do oitavo ano da Unidade Educacional María Inmaculada, durante o período de março a abril de 2025. Por meio da mensuração das médias de notas e da análise estatística (correlação de Shapiro-Wilk e Spearman), foi encontrada uma relação positiva e significativa entre as horas semanais de uso do PhET e o desempenho acadêmico ($\rho = 0,676$; $p < 0,001$). O uso sistemático de simulações melhorou a compreensão conceitual, as habilidades de resolução de problemas e a autonomia dos alunos. No entanto, foram identificados obstáculos: a exclusão digital, o acesso limitado a dispositivos e conectividade e a necessidade de capacitação de professores. O PhET demonstra ser um recurso valioso para complementar o ensino tradicional em ambientes com recursos limitados, desde que sua implementação inclua planejamento curricular, capacitação de professores, infraestrutura adequada e avaliação contínua. Os resultados sugerem que as simulações interativas podem transformar positivamente o aprendizado de ciências quando integradas estrategicamente ao processo educacional.

Palavras-chave: Simulações interativas; aprendizagem ativa; tecnologia educacional; PhET

Periodicidad Semestral

Vol. 9, núm. 1

revistatsede@tsachila.edu.ec

Recepción: 11-01-2026

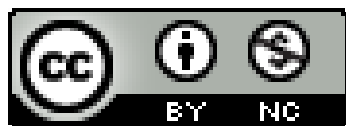
Aprobación: 12-02-2026

Publicación: 25-06--2026

URL:

<http://tsachila.edu.ec/ojs/index.php/TSEDE/issue/archiv>

Revista Tse'de, Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional.



Introducción

El uso de simulaciones PhET en el aula ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes. Al proporcionar un entorno virtual seguro y flexible, los alumnos tienen la posibilidad de experimentar libremente, facilitando así la comprensión y la internalización de los conceptos científicos. Fue creada por la Universidad de Colorado Boulder, PhET ofrece diversas simulaciones gratuitas y de fácil acceso que permiten a los estudiantes examinar fenómenos científicos de manera práctica y visual (PhET, 2025). Estas simulaciones están diseñadas bajo un enfoque educativo que promueve el aprendizaje activo, la experimentación y la resolución de problemas, elementos esenciales en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. La plataforma surge como respuesta a las limitaciones de las metodologías tradicionales, que dependen de recursos físicos costosos y poco accesibles para muchas instituciones. PhET ofrece una alternativa accesible, ya que sus simulaciones pueden ser utilizadas desde cualquier dispositivo con acceso a internet, sin requerir software especializado (Sánchez, 2021).

La educación en Ciencias Naturales enfrenta el desafío de captar el interés de los estudiantes y facilitar la comprensión de conceptos complejos. Las simulaciones interactivas, como las ofrecidas por PhET, representan una herramienta innovadora que puede contribuir significativamente a este objetivo. La implementación de PhET admite que los estudiantes interactúen con conceptos científicos de manera práctica y visual, promoviendo un aprendizaje significativo a través de la experimentación virtual. Según Castrejón et al. (2023), las simulaciones PhET están diseñadas para facilitar la comprensión de varios conceptos y el diseño de las simulaciones está basado en

resultados previos sobre investigación educativa. Esto resulta especialmente útil en contextos educativos donde los laboratorios físicos son limitados o inaccesibles. PhET permite a los estudiantes interactuar con conceptos científicos de forma dinámica, lo que favorece una mejor comprensión frente a métodos expositivos tradicionales. Según Ben Ouahi et al. (2020), el uso de estas simulaciones contribuye a que los estudiantes establezcan conexiones significativas entre la teoría y su aplicación práctica.

La educación en Ciencias Naturales desempeña un papel fundamental en la formación de ciudadanos capaces de enfrentar retos globales como el cambio climático, la conservación ambiental y el desarrollo tecnológico. Sin embargo, en instituciones como la UEF María Inmaculada, la falta de recursos adecuados puede dificultar el desarrollo de estas competencias. PhET ofrece una manera de motivar e interesar a los estudiantes al comparar los resultados que obtienen con la teoría de clase. También ayuda a crear clases innovadoras y creativas en un ambiente divertido, donde el aprendizaje se enfoca en el estudiante (Sánchez, 2021).

El uso de tecnologías interactivas está alineado con las tendencias educativas del siglo XXI, que priorizan el aprendizaje activo y centrado en el estudiante. La implementación de los simuladores PhET mejoró la actitud y el rendimiento de los estudiantes en física. Esto llevó a una mejor comprensión de la materia y a mayor confianza por parte de los alumnos. La colaboración entre padres, maestros y estudiantes fue fundamental para lograr este cambio positivo, a pesar de algunos desafíos al inicio. Este proyecto se inserta en esta línea de innovación, evaluando su impacto en un contexto específico y poco estudiado, como es la UEF María Inmaculada.

La adopción de tecnologías educativas requiere de preparación previa y formación específica tanto para docentes como estudiantes (Rosales et al., 2023). Problemas técnicos relacionados con el acceso limitado a dispositivos digitales y a conexiones estables a Internet representaron desafíos adicionales en la implementación de simulaciones interactivas, dificultando en algunos casos el desarrollo fluido de las sesiones educativas (Guapulema et al., 2024). Asimismo, la falta de familiarización inicial con la plataforma PhET por parte de los estudiantes generó retrasos en el inicio efectivo del aprendizaje basado en simulaciones, una limitación que también fue identificada en estudios previos sobre adopción tecnológica en contextos escolares (Castrejón et al., 2023).

El uso de simuladores en la enseñanza ha experimentado una evolución considerable en las últimas décadas. Desde programas sencillos de modelado, hemos avanzado hacia herramientas interactivas que favorecen la visualización y la experimentación en entornos virtuales. El simulador PhET ayudó a los estudiantes a aprender al fomentar la observación reflexiva y la experiencia práctica. Los estudiantes construyeron su conocimiento mediante ensayo y error, aprendiendo de sus propias experiencias y de las de otros (Rosero et al., 2022). En este sentido, PhET surge como una solución innovadora que puede potenciar la enseñanza de las Ciencias Naturales en estudiantes de secundaria.

A lo largo de la historia, la educación en Ciencias Naturales ha enfrentado diversos obstáculos. Se ha pasado de enfoques tradicionales, que se centraban en la memorización de datos, a metodologías más interactivas y centradas en el alumno. La incorporación de tecnologías educativas, como los simuladores y los entornos de

aprendizaje virtuales, ha brindado a los educadores la oportunidad de explorar nuevas estrategias pedagógicas. En este contexto, PhET se destaca por su capacidad de representar fenómenos científicos de manera visual y dinámica, lo que facilita la comprensión de conceptos abstractos. Durante los últimos años el uso de las herramientas digitales en el ámbito educativo ha sido analizado y estudiado tratando de abarcar la mayor cantidad del tema posible. Los hallazgos revelaron que el uso de simuladores está estrechamente vinculado a un mejor rendimiento académico, ya que contribuyó a reducir la tasa de reprobación del curso. También se demostró la necesidad de seguir desarrollando este tipo de diseños de cursos que incorporan tecnologías de acceso en tiempo real, permiten a los estudiantes crear su propio conocimiento y enfatizan sus efectos beneficiosos en el aprendizaje (Barradas et al., 2023). Por ende, se puede evidenciar que la integración de dichas simulaciones promueve de manera activa el aprendizaje basado en la interacción y la manera de experimentar toda una amalgama de situaciones nuevas.

La implementación de herramientas tecnológicas como PhET contribuye a la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje en Ciencias Naturales. La simulación PhET es una herramienta educativa que ayuda a aprender ciencias exactas y naturales como física, matemáticas, biología y química. Es de código abierto, lo que la hace accesible para todos. Además, se puede usar en línea o descargarse para usarla sin conexión (Vélez et al., 2024). Investigaciones recientes han resaltado los beneficios de los simuladores en el aprendizaje activo. (Wieman et al., 2008) destacan que PhET facilita la comprensión de conceptos abstractos al permitir la manipulación directa de variables. De igual forma, Salinas y Dávalos (2024), enfatizan que los

estudiantes son los principales beneficiarios de la reducción de la brecha digital en la educación. Al acceder a recursos tecnológicos, pueden desarrollar habilidades digitales importantes para su futuro. Los docentes también se benefician al usar tecnología para mejorar su enseñanza. Según, Suárez et al. (2024), en este marco, la innovación tecnológica, mediante el uso de tecnologías móviles y recursos en línea, desempeña un rol determinante al facilitar la personalización de los procesos educativos.

Por otro lado, Guapulema et al. (2024), manifiestan que la relevancia de estudiar la brecha digital en el contexto de la educación ecuatoriana radica en que el acceso a tecnologías y conectividad se ha convertido en una necesidad fundamental para garantizar una educación inclusiva y equitativa. Estos estudios respaldan la idea de que el uso de PhET en el aprendizaje de Ciencias Naturales puede contribuir significativamente a la comprensión de los contenidos y a la reducción de la brecha digital. El proyecto PhET Interactive Simulations, desarrollado por la Universidad de Colorado Boulder, se ha consolidado como una de las herramientas tecnológicas más empleadas en la enseñanza de disciplinas como física, química, biología y matemáticas. Su efectividad ha sido ampliamente documentada por diversas investigaciones, las cuales destacan su impacto positivo tanto en la motivación estudiantil como en el rendimiento académico (Rosales et al., 2023)

Estudios como los realizados por Alaoui Mrani et al. (2020), evidencian que el uso de PhET fomenta el pensamiento crítico, incrementa la participación en el aula y representa una alternativa eficaz frente a los métodos tradicionales centrados en la transmisión unidireccional de contenidos. Estas características convierten a PhET en

una herramienta clave para modernizar la enseñanza de las ciencias, especialmente en contextos donde existen limitaciones de infraestructura o recursos. Uno de los aspectos más destacados en la literatura es la capacidad de PhET para elevar el nivel de motivación de los estudiantes. La posibilidad de interactuar con los contenidos en entornos dinámicos y visuales convierte el aprendizaje en una experiencia más atractiva, promoviendo un enfoque centrado en el estudiante. A través de la simulación, el estudiante deja de ser un receptor pasivo y asume un rol activo en la exploración, análisis y reflexión de los fenómenos científicos (Sánchez, 2021).

Particularmente en la enseñanza de la física, se ha evidenciado que el uso de simulaciones como las de PhET mejora el rendimiento académico de los estudiantes frente a métodos tradicionales. Esto se debe a que les permite observar de manera dinámica fenómenos como el movimiento de partículas, la refracción de la luz o la interacción entre cargas eléctricas, facilitando así una comprensión más profunda y duradera de estos contenidos (Castrejón et al., 2023).

El aprendizaje visual se presenta como una estrategia pedagógica eficaz para mejorar la retención de información y facilitar la comprensión de conceptos abstractos. La representación de ideas complejas mediante recursos visuales permite que los estudiantes construyan significados más profundos y duraderos. Desde la perspectiva de la neurociencia educativa, se ha demostrado que la combinación de estímulos visuales con experiencias interactivas activa regiones del cerebro asociadas con la memoria y la resolución de problemas (Sebatana y Dudu, 2022). En este sentido, las simulaciones interactivas ofrecidas por la plataforma PhET constituyen una herramienta valiosa para el aprendizaje de las Ciencias Naturales. Estas simulaciones

proporcionan representaciones dinámicas que permiten visualizar en tiempo real diversos procesos científicos, lo cual favorece tanto la comprensión conceptual como el aumento de la motivación e interés por parte del estudiantado.

Esta investigación asume una postura a favor de la incorporación de simuladores interactivos en la enseñanza de Ciencias Naturales como una estrategia para mejorar la comprensión conceptual y reducir la brecha digital en los estudiantes. Se reconoce la necesidad de superar las limitaciones tecnológicas presentes en algunos contextos educativos y se plantea la importancia de diseñar estrategias pedagógicas que maximicen el impacto de estas herramientas. El análisis de los estudios previos sugiere que los simuladores pueden potenciar el aprendizaje si se combinan con metodologías activas como el aprendizaje basado en proyectos, la indagación guiada y la gamificación. Así, esta investigación busca contribuir al debate académico sobre la integración de tecnologías digitales en la educación secundaria, proporcionando evidencia empírica sobre su impacto en el aprendizaje de los estudiantes de la Unidad Educativa Fisco Misional "María Inmaculada".

La integración de herramientas tecnológicas como PhET en el proceso educativo es esencial para transformar la enseñanza tradicional en un modelo más dinámico e interactivo. En el área de Ciencias Naturales, el aprendizaje significativo requiere la comprensión de conceptos abstractos, que a menudo resultan complejos para los estudiantes. PhET ofrece un entorno de simulación interactiva que permite experimentar con fenómenos científicos de manera segura y visual, favoreciendo el desarrollo de competencias críticas, como la resolución de problemas y el pensamiento científico. Esta investigación destaca por su relevancia en la mejora de

la calidad educativa en contextos que buscan modernizar sus estrategias de enseñanza. Según Barradas et al. (2023), "El uso de simuladores genera aprendizajes significativos y reduce la reprobación en cursos prácticos". En el contexto actual, la sociedad demanda estudiantes con competencias científicas sólidas para enfrentar retos globales como el cambio climático, la sostenibilidad ambiental y los avances tecnológicos. Sin embargo, muchas instituciones educativas, especialmente en sectores con escasos recursos, enfrentan dificultades para ofrecer laboratorios bien equipados o materiales experimentales.

"La simulación fomenta el trabajo colaborativo, permitiendo a los estudiantes tomar decisiones en equipo" (Carrillo et al., 2024). PhET se presenta como una solución accesible y eficaz, ya que puede implementarse con recursos básicos de tecnología, cerrando brechas de aprendizaje y brindando igualdad de oportunidades educativas a todos los estudiantes. El uso de software libre en simuladores fomenta la accesibilidad y la legalidad en entornos educativos. El uso de simulaciones interactivas en la educación es una tendencia en crecimiento respaldada por investigaciones en pedagogía y neurociencia. Estudios recientes evidencian que las herramientas tecnológicas como PhET no solo mejoran el aprendizaje conceptual, sino que también incrementa la retención de conocimientos.

La presente investigación busca plantear que la incorporación de un mayor número de horas de uso de la herramienta PEHT en el refuerzo educativo contribuye significativamente a la mejora del aprendizaje en los estudiantes, al aumentar la exposición a contenidos interactivos y personalizados que refuerzan conceptos clave y promueven un aprendizaje más efectivo; en este estudio, el uso de PhET como

herramienta de simulación interactiva constituye la variable independiente, mientras que el rendimiento académico en Ciencias Naturales es la variable dependiente.

Metodología

La presente investigación adoptó un enfoque cuantitativo, orientado a analizar la relación entre el uso de la herramienta de simulación PhET y el rendimiento académico de los estudiantes en el área de Ciencias Naturales. Este enfoque permitió cuantificar las horas de utilización de la herramienta y vincularlas con los promedios de calificaciones obtenidos durante el periodo de estudio, con el propósito de determinar la incidencia del tiempo de uso en el desempeño académico. El estudio corresponde a un diseño no experimental, de tipo correlacional y transversal, puesto que no se manipularon las variables de manera directa, sino que se observó la relación existente entre ellas en un único momento temporal. La variable independiente se definió como el uso de PhET como herramienta de simulación interactiva, y la variable dependiente como el rendimiento académico en Ciencias Naturales, medido mediante el promedio de calificaciones de los estudiantes durante el periodo de intervención.

La población objetivo estuvo conformada por los estudiantes del Octavo Año de Educación General Básica de la Unidad Educativa Fisco Misional María Inmaculada. Se empleó un muestreo intencional no probabilístico, seleccionando este grupo por su pertinencia y accesibilidad para la implementación de la estrategia didáctica basada en simulaciones. La muestra final estuvo compuesta por 31 estudiantes, lo cual resultó adecuado para la aplicación de los instrumentos y el análisis estadístico correspondiente.

La intervención pedagógica se desarrolló durante los meses de marzo y abril del año lectivo 2025, integrando el uso de simulaciones PhET dentro de la planificación semanal de las clases de Ciencias Naturales. Durante este periodo, los estudiantes emplearon las simulaciones tanto dentro como fuera del aula, con el propósito de reforzar la comprensión de conceptos científicos mediante la experimentación virtual. El promedio de calificaciones obtenido al finalizar el periodo se utilizó como indicador del rendimiento académico. Paralelamente, se evaluó la frecuencia de uso de la herramienta a través de una encuesta estructurada con preguntas cerradas de opción múltiple, en la que los estudiantes indicaron el número de horas semanales dedicadas a PhET fuera del horario de clase (1, 2, 3 o 4 horas).

Los datos obtenidos fueron registrados y organizados en una base de datos para su análisis estadístico. En primer lugar, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, por ser la más adecuada para muestras pequeñas ($n < 50$), con el fin de determinar la distribución de los datos y seleccionar la prueba correlacional apropiada. Posteriormente, debido a que una de las variables no presentó distribución normal, se empleó el coeficiente de correlación de Spearman (ρ) para establecer la relación entre las horas de uso de PhET y el rendimiento académico de los estudiantes, por último para verificar la diferencia existente entre varianzas se empleó el uso de ANOVA obteniendo de esta manera el análisis detallado por cada uno de los 4 grupos estudiados, mismos que fueron categorizados en base a las horas de estudio culminando con una prueba de Levene para determinar si existe homogeneidad en las varianzas.

Resultados y Discusión

Los resultados mostraron que la variable “Promedio con PhET” presenta una distribución normal ($p = 0.285$), mientras que “Horas de PhET por semana” no sigue una distribución normal ($p < 0.001$). Dado que no se cumple el supuesto de normalidad en ambas variables, se optó por utilizar el coeficiente de correlación de Spearman (ρ), adecuado para determinar la relación entre variables cuando al menos una de ellas no se distribuye normalmente.

Tabla 1

Matriz de datos recopilados, Variables de estudio

Nº DE ALUMNOS	PROMEDIO CON PHET	HORAS DE PHET POR SEMANA
1	9,71	2
2	7,93	3
3	8,36	4
4	7,50	3
5	9,57	4
6	7,43	1
7	8,29	3
8	6,29	1
9	6,21	1
10	7,71	2
11	8,57	4
12	8,14	3
13	7,00	1
14	7,36	1
15	7,71	3
16	9,43	4
17	6,14	1
18	7,43	1
19	7,71	3
20	6,57	1
21	7,57	1
22	8,43	2
23	7,39	3
24	8,29	3
25	7,57	2

26	8,50	1
27	8,93	2
28	6,07	1
29	6,29	1
30	8,57	4
31	8,64	2

Nota: Las variables analizadas corresponden al promedio con PHET y horas de PHET por semana

Tabla 2

Prueba de normalidad

	PROMEDIO CON PHET	HORAS DE PHET POR SEMANA
N	31	31
Media	7.78	2.19
Mediana	7.71	2.00
Moda	7.71	1.00
Desviación estándar	1.00	1.14
Mínimo	6.07	1.00
Máximo	9.71	4.00
W de Shapiro-Wilk	0.960	0.830
Valor p de Shapiro-Wilk	0.285	<.001

Nota: Se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

Los resultados de la prueba de correlación de Spearman evidenciaron una relación positiva y estadísticamente significativa entre las horas de uso de PhET por semana y el rendimiento académico de los estudiantes ($\rho = 0.676$, $p < 0.001$). Esto sugiere que, a mayor cantidad de horas dedicadas al uso de la herramienta PhET, mayor es el promedio obtenido en la asignatura. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa que plantea que el incremento en el uso de PhET se asocia con un mejor desempeño académico.

Tabla 3

Matriz de Correlaciones

		PROMEDIO CON PHET	HORAS DE PHET POR SEMANA
PROMEDIO CON PHET	Rho de Spearman	—	
	gl	—	
	valor p	—	
HORAS DE PHET POR SEMANA	Rho de Spearman	0.676	—
	gl	29	—
	valor p	<.001	—

Los resultados obtenidos mediante el análisis de Welch ANOVA ($F = 12.0$, $p < .001$) evidencian diferencias estadísticamente significativas entre los promedios de los grupos en función de las horas de uso de la herramienta PhET. Este hallazgo sugiere que la utilización de PhET incrementa de forma positiva y significativa el rendimiento académico de los estudiantes en el área de Ciencias Naturales, al demostrarse que un mayor tiempo de interacción con la herramienta se asocia con mejores resultados de aprendizaje.

Tabla 4

ANOVA de Un Factor (Welch)

	F	gl1	gl2	p
PROMEDIO CON PHET	12.0	3	11.5	<.001

Los datos descriptivos indican que, a medida que los alumnos aumentan las horas semanales de uso de la herramienta PhET, sus calificaciones académicas presentan una mejora significativa. El promedio más bajo se registra con una hora a la semana (6.91), mientras que el más elevado se relaciona con cuatro horas (8.90).

Esto demuestra una conexión favorable entre el tiempo dedicado a PhET y el desempeño académico.

Tabla 5
Descriptivas de Grupo

	HORAS DE PHET POR SEMANA	N	Media	DE	EE
PROMEDIO CON PHET	1	12	6.91	0.762	0.220
	2	6	8.50	0.795	0.325
	3	8	7.87	0.348	0.123
	4	5	8.90	0.557	0.249

La prueba de Levene obtuvo un valor de $F = 2.12$, con $gl_1 = 3$, $gl_2 = 27$ y un nivel de significancia de $p = 0.121$. Dado que el valor p es mayor a 0.05 , no se rechaza la hipótesis nula de igualdad de varianzas. Por ende, se puede evidenciar que las varianzas entre los grupos son homogéneas, lo que indica que se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas necesario para la aplicación de ANOVA. Este resultado respalda la consistencia de la dispersión de los datos entre los diferentes grupos de horas de uso de la herramienta PhET. Los resultados del análisis de Welch ANOVA indican diferencias significativas entre los grupos en función de las horas de uso de PhET, $F(3, df) = 12.0$, $p < .001$. La media de "PROMEDIO CON PHET" aumenta con el tiempo de uso, sugiriendo una asociación positiva entre la duración de la interacción con la herramienta PhET y el rendimiento académico en Ciencias Naturales. Los intervalos de confianza del 95% alrededor de las medias muestran mayor variabilidad a altas horas de uso.

Tabla 6

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

	F	gl1	gl2	p
PROMEDIO CON PHET	2.12	3	27	0.121

Se realizó un análisis de residuos estandarizados frente a los valores teóricos para evaluar la adecuación del modelo. A partir del diagrama de dispersión de residuos estandarizados versus cuántiles teóricos se observa una distribución aproximadamente homogénea alrededor de cero y sin patrones evidentes, lo que sugiere que los supuestos de homocedasticidad y normalidad de los residuos se cumplen de forma razonable.

Conclusiones

Los resultados del presente estudio evidencian una asociación positiva y estadísticamente significativa entre las horas semanales de uso de PhET y el rendimiento académico en Ciencias Naturales ($\rho = 0.670$; $p < 0.001$), lo que indica que, a mayor tiempo de interacción con las simulaciones, mejores calificaciones obtienen los estudiantes. Esta correlación robusta sugiere que la herramienta constituye un complemento efectivo para el aprendizaje científico.

Es importante señalar que, debido al diseño correlacional empleado y al tamaño de la muestra ($n = 31$), los hallazgos no permiten establecer relaciones causales definitivas. No obstante, la consistencia de los resultados y su alineación con investigaciones previas respaldan la utilidad de PhET como recurso pedagógico complementario para la enseñanza de las ciencias naturales.

La efectividad de la intervención se vio moderada por factores contextuales significativos, entre ellos: la brecha digital existente, el acceso limitado a dispositivos tecnológicos y conectividad, así como la necesidad de formación docente específica para la integración pedagógica de simulaciones. Estos elementos deben ser considerados como variables intervinientes que requieren atención para maximizar el impacto de la herramienta.

En síntesis, PhET se presenta como una alternativa viable y pertinente para contextos educativos con recursos limitados, siempre que su implementación se articule con una planificación curricular clara, cuente con el andamiaje didáctico necesario, y disponga del soporte técnico e infraestructural mínimo requerido para su funcionamiento óptimo.

Referencias Bibliográficas

- Alaoui Mrani, C., El Hajjami, A. & El Khattabi, K. (2020). Effects of the integration of PhET simulations in the teaching and learning of the physical sciences of common core. *Universal Journal of Educational Research*, 8(7), 3014–3025. doi:<https://doi.org/10.13189/ujer.2020.080730>
- Barradas, A. D., Cocón, J. J. & Pérez, C. D. (2023). El Impacto de los Simuladores en el Aprendizaje de los Sistemas Digitales. *Revista Docentes 2.0*, 16(1), 67-76. doi:<https://doi.org/10.37843/rted.v16i1.350>
- Ben Ouahi, M., Ait Hou, M., Hassouni, T. & Al Ibrahimi, E. M. (2020). *Opinions of Moroccan teachers towards the use of PhET simulations in teaching and*

learning physics – chemistry. 6th IEEE Congress on Information Science and Technology (CiSt). doi:<https://doi.org/10.1109/CiSt49399.2021.9357174>

Carrillo, N., Egas, V., Jimbo, F. & Saltos, P. (2024). Análisis sobre el uso de la realidad virtual como herramienta para simular escenarios de liderazgo y trabajo en equipo en la educación superior. *Sapiens in Artificial Intelligence*, 1(1), 18–36. doi:<https://doi.org/10.71068/fy7vj326>

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). doi:<https://doi.org/10.20983/culcyt.2023.3.2e.3>

Castrejón, P. K., Sáenz, V. J. & Lara, P. E. (2023). Implementación de hojas de actividades y clases interactivas demostrativas con simulaciones PhET en física conceptual. *CULCYT. Cultura Científica y Tecnológica*, 20(3). doi:<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9196506.pdf>

Guapulema, J., Alvarado, P., Proaño, M. & Peñaloza, K. (2024). La brecha digital en la educación ecuatoriana: Desafíos post pandemia. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 5(5). doi:<https://latam.redilat.org/index.php/lt/article/view/2907/4780>

PhET, I. S. (2025). *PhET*. Obtenido de University Of Colorado: <https://phet.colorado.edu/en/about>

Rosales, G. A., Cuenca, C. K., Morocho, P. H. & Tapia, P. S. (2023). El uso de simuladores en línea para la enseñanza de la física: una herramienta educativa

efectiva. *CienciaLatinaRevistaCientíficaMultidisciplinar*, 7(3).

doi:<https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/6291/9562>

Rosero, M. L., Rivera, T. K. & Guerrero, J. M. (2022). Simulaciones en PhET como estrategia en tiempos de covid-19 para generar aprendizaje significativo al potenciar la competencia explicación de fenómenos. *PANORAMA*, 16(30). doi:<https://doi.org/10.15765/pnrm.v16i30.3135>

Salinas, N. & Dávalos, A. (2024). La brecha digital en la educación. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 5(4), 1522-1539. doi:<https://doi.org/10.56712/latam.v5i4.2337>

Sánchez, W. (2021). La simulación Phet en el aprendizaje de las ciencias naturales y las matemáticas. *Revista Académica Arjé*, 4(1). doi:<https://revistas.utn.ac.cr/index.php/arje/article/view/350/327>

Sebatana, M. & Dudu, W. (2022). Enhancing Grade 10 Physical Sciences Teachers' Self-Directedness in Implementing Blended Problem-Based Learning. *Science Education International*, 33(4), 427–437. doi:<https://doi.org/10.33828/sei.v33.i4.11>

Suárez, P., Córdova, N., Cabrera, M. & Plaza, R. (2024). Innovación y accesibilidad en la educación inclusiva: tecnologías móviles, motivación y recursos en línea como catalizadores del aprendizaje en entornos regulares. *Reincisol*, 3(6), 291-4313. doi:[https://doi.org/10.59282/reincisol.V3\(6\)4291-4313](https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(6)4291-4313)

Vélez, C. C., Rivera, F. W., Chicaiza, I. J., Ruiz, G. M. & Gutiérrez, M. O. (2024). PhET Simulations como herramienta de apoyo en la construcción de funciones

cuadráticas: PhET Simulations como herramienta de apoyo en la construcción de funciones cuadráticas. *Revista Científica Multidisciplinar G-Nerando*, 5(1), 1067–1093. doi:<https://doi.org/10.60100/rcmg.v5i1.242>

Wieman, C., Adams, W. & Perkins, K. (2008). PhET: Simulations That Enhance Learning. *Science*, 322, 682-683. doi:<https://doi.org/10.1126/science.1161948>