



ID del documento: SiE-Vol.2.N.7.002.2025

Tipo de artículo: Investigación

Simulador phet como herramienta didáctica en el aprendizaje de funciones lineales en estudiantes de décimo de educación general básica

PhET simulator as a teaching tool for learning linear functions among tenth-grade students

Autores:

Abad Tillaguango Galo Leonel¹, Machuca Yaguana Jonathan Alberto², Salinas Nalvay Vilma Estefania³

¹Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador, galo.abad@unl.edu.ec,
<https://orcid.org/0009-0008-1173-7477>

²Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador, jonathan.machuca@unl.edu.ec,
<https://orcid.org/0000-0002-3632-9348>

³Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador, vesalinasn@unl.edu.ec,
<https://orcid.org/0000-0002-7872-6990>

Corresponding Author: *Abad Tillaguango Galo Leonel*, galo.abad@unl.edu.ec

Reception: 17-april-2025 **Acceptance:** 19-may-2025 **Publication:** 09-july-2025

How to cite this article:

Abad-Tillaguango, G. L., Machuca-Yaguana, J. A., & Salinas-Nalvay, V. E. (2025). Simulador PhET como herramienta didáctica en el aprendizaje de funciones lineales en estudiantes de Décimo de Educación General Básica. *Sapiens in Education*, 2(7), 1-21. <https://doi.org/10.71068/dgwakz94>



Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo analizar la influencia del simulador PhET en el aprendizaje de funciones lineales en estudiantes de décimo año de Educación General Básica de la Unidad Educativa Chaguarpamba, Ecuador. Se empleó un enfoque mixto con diseño cuasiexperimental, conformando un grupo experimental, que empleó el simulador PhET, y un grupo de control, que trabajó con metodología tradicional. Se aplicó una prueba estructurada de 10 ítems, validada mediante juicio de expertos y prueba piloto, para evaluar cinco dimensiones del aprendizaje de funciones lineales, antes y después de la intervención. Asimismo, se entrevistó a un grupo focal para identificar las percepciones estudiantiles sobre la herramienta. Los resultados del pretest mostraron niveles de conocimiento similares entre ambos grupos y en el posttest, el grupo experimental obtuvo una mejora significativa en sus calificaciones, lo que confirmó la hipótesis alternativa de que el uso del simulador PhET mejora el rendimiento académico. En cuanto a la percepción de los estudiantes sobre el uso del simulador, los participantes mayoritariamente señalaron que PhET les motivó y facilitó la comprensión y retención de los conceptos de la función lineal. Se concluye que PhET constituye una herramienta didáctica importante para fortalecer el aprendizaje de funciones lineales en estudiantes de décimo año. Se recomienda su implementación en contextos educativos similares al estudio, considerando que para obtener resultados óptimos el docente debe planificar los problemas y/o ejercicios que planea desarrollar en clase.

Palabras clave: Tecnología educativa, educación matemática, simulación por ordenador, innovación pedagógica, educación matemática

Abstract

The objective of this research was to analyze the influence of the PhET simulator on the learning of linear functions in tenth-grade students in General Basic Education at the Chaguarpamba Educational Unit in Ecuador. A mixed approach with a quasi-experimental design was used, forming an experimental group that used the PhET simulator and a control group that worked with traditional methodology. A structured 10-item test, validated by expert judgment and pilot testing, was administered to assess five dimensions of linear function learning before and after the intervention. A focus group was also interviewed to identify student perceptions of the tool. The pretest results showed similar levels of knowledge between the two groups, and in the posttest, the experimental group obtained a significant improvement in their grades, confirming the alternative hypothesis that the use of the PhET simulator improves academic performance. Regarding the students' perception of the use of the simulator, the majority of participants indicated that PhET motivated them and facilitated their understanding and retention of linear function concepts. It is concluded that PhET is an important teaching tool for strengthening the learning of linear functions in tenth-grade students. Its implementation is recommended in educational contexts similar to the study, considering that to obtain optimal results, the teacher must plan the problems and/or exercises that they intend to develop in class.

Keywords: Educational technology, mathematics education, computer simulation, pedagogical innovation, mathematics education.



1. INTRODUCCIÓN

Los simuladores representan herramientas didácticas eficaces al reproducir fenómenos complejos no observables directamente, se destaca el uso del simulador PhET por su enfoque investigativo y científico, promoviendo una valiosa interacción entre lo experimental y lo real en contextos educativos cotidianos (Carrión-Paredes et al., 2020), en este estudio se aborda sobre el simulador PhET como herramienta didáctica en el aprendizaje de funciones lineales para los estudiantes de décimo educación general básica de la Unidad Educativa Chaguarpamba. De acuerdo con los datos de la evaluación Ser Estudiante 2023, esta población presenta bajo rendimiento académico, “en el año lectivo 2022-2023, el 41,5 % de los estudiantes del subnivel Básica Superior no alcanzó el nivel de logro mínimo de competencia (700 puntos), mientras que el 58,5 % alcanzó y superó el mismo. El nivel de logro *satisfactorio* predominó en el campo de Matemática, es decir, el 58,5 % obtuvo promedios entre 700 a 799 puntos” (Instituto Nacional de Evaluación Educativa [INEVAL], 2023).

Los datos de Ser Estudiante señalan que en los estándares de Matemática (E.M.4.3). Define funciones elementales, el 34,6 % de los estudiantes necesitan refuerzo sobre esta temática, el 56,1 % de los estudiantes tienen un desempeño elemental, el 9,0 % tienen un desempeño intermedio y el 0,4 % con un desempeño avanzado, lo que demuestra que los estudiantes ecuatorianos necesitan de una intervención inmediata (INEVAL, 2023).

A nivel global, el aprendizaje de las Matemáticas resulta esencial para el progreso de las naciones, ya que el avance tecnológico depende en gran medida de la innovación en las ciencias exactas. Sin embargo, no todos los países cuentan con los recursos necesarios para potenciar el conocimiento a través de estrategias didácticas efectivas. En muchas regiones, aún prevalecen enfoques tradicionales que, lamentablemente, no incorporan herramientas tecnológicas diseñadas para facilitar la construcción del aprendizaje matemático (Altamirano y Mera, 2023). El aprendizaje de las Matemáticas representa un desafío constante en el ámbito educativo, ya que esta disciplina es clave para el desarrollo del pensamiento lógico, crítico y analítico de los estudiantes. La Unidad Educativa Chaguarpamba (UECH) siendo una institución rural, se ha identificado la necesidad de fortalecer las estrategias didácticas empleadas en la enseñanza de las matemáticas, con el propósito de mejorar la comprensión de las funciones lineales, se plantea lo siguiente: ¿Cómo el simulador PhET influye en el aprendizaje de funciones lineales en los estudiantes de Décimo EGB de la Unidad Educativa Chaguarpamba?

Por ello, la Matemática juega un rol fundamental por su reconocida contribución al desarrollo del pensamiento lógico de los estudiantes. Sin embargo, al analizar diversos resultados de investigaciones se pudo comprobar que ese objetivo de formación presenta un déficit en los diversos niveles del sistema de educación, con mayor incidencia en la universidad (Sobrado et al., 2018).

Según el informe PISA-D 2018 en Ecuador se cuenta con un alto porcentaje de estudiantes por debajo del nivel básico de competencias en lectura, matemáticas y ciencias; y por otro lado un pequeño porcentaje de estudiantes de alto rendimiento llegan a los niveles más altos de competencia. En Ecuador alcanza un 70,9 % de estudiantes que rinden por debajo del nivel básico en matemática en comparación como países como Colombia, Chile, Uruguay y



España, los estudiantes tienen un nivel superior en dichas competencias (INEVAL et al., 2018).

La evaluación PISA-D señaló que el desempeño promedio de Ecuador es de 377, situando el nivel de desempeño del país en 1a que enfatiza las graves dificultades que tienen muchos estudiantes de Ecuador desenvolverse en situaciones que requieren la capacidad de resolver problemas matemáticos. El 70,9 % de los estudiantes ecuatorianos no alcanzan el nivel 2, categorizado como el nivel de desempeño básico en matemática (INEVAL, 2018).

Por otro lado, en esta misma evaluación, se obtuvo que el 11,2 % de estudiantes de 15 años están el nivel 1c, es decir, pueden entender preguntas matemáticas relacionadas con contextos sencillos que les son conocidos, que incluyen toda información pertinente con enunciados breves y sintácticamente simples (INEVAL, 2018).

El concepto de función matemática ha sido especialmente afectado por la práctica mecánica de ejercicios, lo que exige un análisis más profundo, pues entender correctamente esta temática resulta esencial para abordar con éxito del estudio de estructuras matemáticas de mayor complejidad (Campeón et al., 2018).

Ossa et al. (2023) ponen de manifiesto la importancia de las habilidades de resolución de problemas aritméticos en la vida diaria y laboral. Además, proponen una estrategia pedagógica mediada por PhET para fortalecer dichas habilidades en los estudiantes y evaluar su efectividad, oportuna y pertinente, es decir, la tendencia es la utilización de nuevas y novedosas formas de enseñar matemáticas para la vida. Esto no implica dejar de lado metodologías tradicionales, pero si mediar a través del uso de las nuevas tecnologías. Por su parte, Guanotuña et al., (2023) resaltan la importancia de fortalecer los conocimientos y rol docente frente a la concesión del uso de las nuevas tecnologías en la educación.

En este sentido, este estudio aporta al fortalecimiento del conocimiento matemático mediante el uso de tecnologías digitales, destacando el potencial de herramientas como PhET para enriquecer la enseñanza de contenidos disciplinares. Su integración en el aula permite al docente desarrollar clases más interactivas y dinámicas, favoreciendo la comprensión conceptual y el compromiso estudiantil. Además, se vincula con el Objetivo de Desarrollo Sostenible cuatro, orientado a garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad, promoviendo oportunidades de aprendizaje a lo largo de la vida para todos (Naciones Unidas, 2025).

Con estos antecedentes, este estudio se orienta por el siguiente objetivo general: analizar la influencia del simulador PhET en el aprendizaje de funciones lineales en estudiantes de décimo grado de Educación General Básica de la Unidad Educativa Chaguarpamba. Entre los objetivos específicos se plantea evaluar el nivel de aprendizaje de las funciones lineales en estudiantes de décimo grado de Educación General Básica antes y después de utilizar el simulador PhET e identificar las percepciones de los estudiantes sobre el uso del simulador PhET como recurso didáctico en el aprendizaje de las funciones lineales. Se plantea un enfoque mixto y cuasiexperimental, partiendo de la hipótesis de que el simulador PhET no es significativo para el aprendizaje de funciones lineales.



2. DESARROLLO

La plataforma PhET es un recurso educativo que ofrece simulaciones interactivas enfocadas en disciplinas como física, matemáticas, biología y química. Destaca por ser de código abierto, lo que permite su uso gratuito tanto en línea como sin conexión, al ser compatible con Java, Flash y HTML5 (Mera y López, 2023).

Las características visuales e interactivas de las simulaciones de PhET ofrecen un entorno visualmente dinámico que puede ser controlado por el usuario, haciendo que los conceptos abstractos sean más tangibles y atractivos para los estudiantes (Díaz, 2017). El simulador permite ralentizar, acelerar o pausar procesos, haciendo visibles fenómenos invisibles y vinculando múltiples representaciones para una mejor comprensión.

Las simulaciones PhET proporcionan un entorno favorable para que los estudiantes mejoren la participación y permite la exploración de conceptos científicos complejos a través de la experimentación virtual. Esta interactividad fomenta la indagación y promueve el aprendizaje activo entre los estudiantes (Inayah y Masruroh, 2021). Ofrece visualizaciones dinámicas que hacen que los conceptos abstractos sean más tangibles, ayudando a los estudiantes a visualizar fenómenos que a menudo son difíciles de captar a través de los métodos tradicionales de enseñanza (PhET, 2024). Al permitir a los estudiantes manipular variables y observar resultados, PhET fomenta el pensamiento crítico y las habilidades de resolución de problemas y los estudiantes pueden hacer preguntas “qué pasaría si”, lo que mejora sus habilidades analíticas (Inayah y Masruroh, 2021).

La incorporación de simulaciones interactivas PhET en la enseñanza de contenidos matemáticos, como las fracciones equivalentes, ha evidenciado mejoras sustanciales en el desempeño estudiantil frente a enfoques tradicionales, se respalda el potencial de PhET para fortalecer la enseñanza de conceptos matemáticos específicos, al proporcionar entornos de aprendizaje más dinámicos, motivadores y centrados en la exploración que promueven activamente la participación del estudiante y estimulan el aprendizaje por indagación, aspectos clave en una educación matemática efectiva, ofreciendo la posibilidad de manipular variables y visualizar de forma inmediata los efectos de dichas acciones, PhET facilita una comprensión conceptual más profunda y duradera (Díaz, 2017).

Si bien los trabajos proporcionados no abordan directamente el uso de simulaciones PhET para la enseñanza de funciones lineales, se pueden aplicar los principios generales del uso de simulaciones para visualizar conceptos matemáticos. La capacidad de PhET para hacer visibles procesos invisibles y proporcionar múltiples representaciones (como gráficos y ecuaciones) es particularmente relevante para comprender las funciones lineales, las simulaciones pueden ayudar a los estudiantes a explorar las relaciones entre variables en una función lineal, como la pendiente y la intercepción, permitiéndoles manipular estas variables y observar los cambios en tiempo real (Paguay, 2024).

Los estudiantes generalmente perciben a los simuladores como herramientas efectivas para mejorar su comprensión de conceptos, por ejemplo, Inayah y Masruroh (2021) demuestran que el uso de simulaciones PhET mejora significativamente la comprensión de conceptos



fundamentales de la física como el de conservación de energía, energía potencial y cinética, con un promedio de ganancia N reportado de 0.63, lo que indica un nivel medio de mejora, se informa que la naturaleza interactiva de simuladores como PhET aumenta la curiosidad y el compromiso de los estudiantes, los estudiantes encuentran interesantes estas herramientas, lo que a su vez, los motiva a participar en actividades de aprendizaje haciéndolo sea más ameno y menos monótono.

A pesar de las percepciones positivas, algunos estudiantes enfrentan desafíos en la interpretación y análisis de datos de simulaciones, esto indica una necesidad de exposición y familiarización repetidas para comprender completamente los conceptos subyacentes, también se reconoce que, si bien los simuladores pueden representar de manera efectiva modelos científicos, requieren que los estudiantes se involucren en procesos de pensamiento complejos para comprender los conceptos a fondo (Inayah y Masruroh, 2021).

Existen múltiples posturas frente al constructivismo, en general los estudios se centran en los procesos de aprendizaje, donde el protagonista es educando y el docente es el guía. Según Guerra (2020), el objetivo principal del constructivismo es preparar al individuo para las transformaciones complejas de la sociedad del conocimiento, donde la información es cada vez más amplia y necesita de buenos hábitos de aprendizaje y actualización constante. Además, busca que su aprendizaje sea aplicable a lo largo de la vida y no solo se quede en teoría.

El aprendizaje activo en el estudiante se basa en la formación del pensamiento crítico y en la capacidad de solucionar problemas de manera autónoma. Este método incluye diversas estrategias como el aprendizaje basado en proyectos, el aprendizaje cooperativo, el aprendizaje basado en problemas y el aula invertida. Cada uno de estos busca que el estudiante construya su propio conocimiento a través de la interacción con sus compañeros, la reflexión y la práctica significativa. Además, favorece la autonomía y el compromiso, elementos clave para un aprendizaje duradero y significativo. Según Bonwell & James (1991), el aprendizaje activo involucra actividades que requieren que los estudiantes hagan más que simplemente escuchar pasivamente. Este enfoque se ha consolidado como una herramienta eficaz para mejorar la comprensión y retención del contenido.

Por otra parte, desarrollando el concepto de función, esta se define como una relación de dependencia entre dos conjuntos, A y B : en la que a cada elemento x del conjunto A le corresponde, a lo sumo, un único elemento y del conjunto B . Mientras que una función lineal es una relación matemática entre dos variables, generalmente representada en la forma $y = mx + b$, donde m es la pendiente y b es la ordenada al origen. La función describe una línea recta en un gráfico de coordenadas cartesianas y se caracteriza por tener una tasa de cambio constante (que puede ser positiva, negativa o nula), lo que significa que a medida que una variable cambia, la otra lo hace de manera predecible (López y Torres, 2020).

Una función lineal se puede representar de cuatro formas: 1) simbólica/algebraica, 2) verbal, 3) tabular y 4) gráfica. En la Tabla 1, se representa la función lineal $f(x) = 2x + 1$ en sus cuatro formas. Esto es importante mencionar pues, según López y Torres (2020), los estudiantes enfrentan dificultades para conectar diferentes representaciones de funciones



lineales como formas verbales, algebraicas, numéricas y gráficas. Este desafío es significativo porque comprender estas conexiones es esencial para dominar el concepto de funciones lineales. La capacidad de transición entre estas representaciones no es trivial y requiere una comprensión profunda de los principios matemáticos subyacentes.

Tabla 1

Formas de representación de una función lineal

1) simbólica/algebraica		2) verbal	
$f(x) = 2x + 1$		que cada valor de entrada (x), el valor de salida $f(x)$, este se obtiene multiplicando x por 2 y sumando 1	
3) Tabular		4) Gráfica	
x	$f(x)=2x+1$		
-2	-3		
-1	-1		
0	1		
1	3		

Nota. Elaboración propia.

Según el currículo del Ministerio de Educación del Ecuador [MINEDUC] (2016), el objetivo de matemática para la educación básica superior es: O.M.4.1. Reconocer las relaciones existentes entre los conjuntos de números enteros, racionales, irracionales y reales; ordenar estos números y operar con ellos para lograr una mejor comprensión de procesos algebraicos y de las funciones (discretas y continuas); y fomentar el pensamiento lógico y creativo. Donde se definen cuatro destrezas indispensables de desempeño sobre la función lineal:

- M.4.1.47. Definir y reconocer funciones lineales en Z , con base en tablas de valores, de formulación algebraica y/o representación gráfica, con o sin el uso de la tecnología.
- M.4.1.50. Definir y reconocer una función lineal de manera algebraica y gráfica (con o sin el empleo de la tecnología), e identificar su monotonía a partir de la gráfica o su pendiente.
- .4.1.52. Representar e interpretar modelos matemáticos con funciones lineales, y resolver problemas.
- M.4.1.53. Reconocer la recta como la solución gráfica de una ecuación lineal con dos incógnitas en \mathbb{R} .

El indicador de evaluación es: I.M.4.3.3. Determina el comportamiento (función creciente o decreciente) de las funciones lineales en Z , basándose en su formulación algebraica, tabla de



valores o en gráficas; valora el empleo de la tecnología; y calcula funciones compuestas gráficamente. (I.4.)

Los estudiantes a menudo luchan con el concepto de pendiente, que es crucial para comprender las funciones lineales, las ideas preconcebidas sobre la pendiente pueden incluir verla simplemente como la longitud de un segmento de línea o asociarla con propiedades físicas en lugar de entenderla como una tasa de cambio o una relación. La complejidad del concepto de pendiente se ve agravada por sus múltiples representaciones, como aplicaciones algebraicas, geométricas y del mundo real, que pueden confundir a los estudiantes (Rivera y Dolores, 2021).

3. METODOLOGÍA

La investigación se ha realizado en la Unidad Educativa Chaguarpamba, (Código AMIE: 11H00816) que está ubicada en el cantón del mismo nombre, de la provincia de Loja, Ecuador. Oferta jornada matutina con 112 estudiantes de educación básica superior y 102 de bachillerato.

Para la consecución del primer objetivo específico el cual consistía en evaluar el nivel de aprendizaje de las funciones lineales en estudiantes de décimo grado de Educación General Básica antes y después de utilizar el simulador PhET, se aplicó un diseño cuasiexperimental para comparar los efectos de la intervención pedagógica del uso del simulador frente a una metodología tradicional, identificando la relación entre los resultados antes y después de la intervención (Caballero y Llorent, 2022).

La muestra estuvo conformada por dos paralelos de décimo año de educación básica superior. El paralelo A, con 21 estudiantes, fue el grupo experimental y el paralelo B, con 22 estudiantes, el grupo de control. Se obtuvo el consentimiento informado de los participantes, se garantizó su anonimato y confidencialidad, en concordancia con las directrices de al acuerdo de consentimiento informado para padres-madres-tutores (MinEduc, 2025).

Para la sustentación teórica de las variables de la investigación se empleó una revisión narrativa de literatura y el método estadístico para levantamiento de información de campo en la fase de aplicación de instrumentos. En esta parte, se diseñó una prueba (test) exclusivamente para este estudio la cual se fundamentó en el trabajo de Guachún y Mora (2019). La evaluación consistió en 10 preguntas en torno a cinco dimensiones: 1) expresiones algebraicas, 2) definición y características, 3) gráfica de una función lineal, 4) pendiente de una recta y 5) aplicaciones de función lineal. Fue de base estructurada con cuatro opciones de respuesta donde solo una era correcta para dar un total de 10 puntos sobre 10. El instrumento además de su respectiva fundamentación teórica contó con la validación mediante juicio de cuatro expertos con el perfil enseñanza de la matemática, mediante el coeficiente Kappa de Cohen cuyo valor fue 0,78 en ambos criterios analizados (claridad y relevancia).

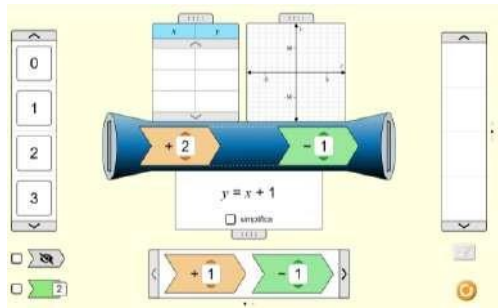
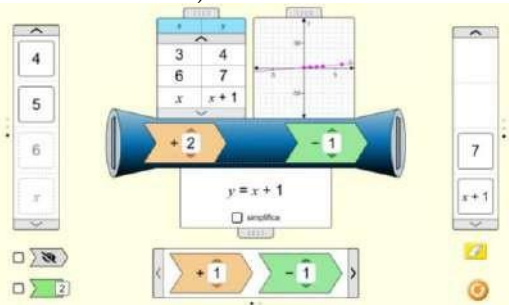
Previó a la aplicación del pretest se realizaron las respectivas planificaciones de clase para cuatro semanas tanto para el grupo experimental como para el grupo de control. Las clases para el grupo experimental se fundamentaron en el uso de computadoras y el simulador

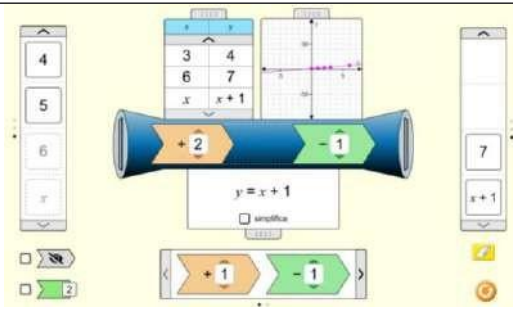


PhET, y para el grupo de control, clases basadas en la metodología tradicional con la pizarra como elemento central.

Tabla 2

Descripción de las clases para los grupos

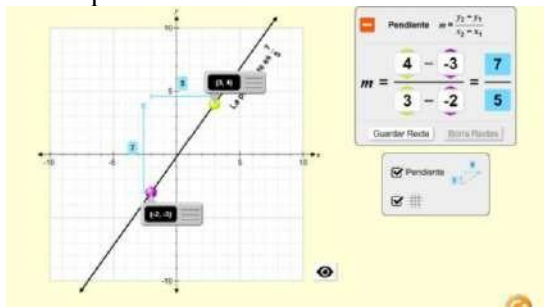
Grupo experimental	Grupo de control
<p>Clase 1: Expresiones Algebraicas Se explica qué es una expresión algebraica, partes (término, coeficiente, variable), operaciones con expresiones de primer orden (suma, resta, multiplicación, división). Se introducen propiedades de \mathbb{R} (conmutativa, distributiva, asociativa). Material gráfico y simbólico con el uso del simulador PhET</p> 	<p>Clase 1: Expresiones Algebraicas Se explica qué es una expresión algebraica, partes (término, coeficiente, variable), operaciones con expresiones de primer orden (suma, resta, multiplicación, división). Se introducen propiedades de \mathbb{R} (conmutativa, distributiva, asociativa). Material gráfico y simbólico</p>
<p>Clase 2: Función Lineal Comparar los valores en la tabla para detectar cambios constantes (variación lineal). Establecer que, si la variación es constante, se trata de una relación lineal. Introducir el concepto de función lineal. Uso de organizadores gráficos para representar la relación. Discusión en pequeños grupos para facilitar la expresión de ideas. Apoyo con ejemplos visuales y manipulativos (rectas con simulador PhET).</p> 	<p>Clase 2: Función Lineal Comparar los valores en la tabla para detectar cambios constantes (variación lineal). Establecer que, si la variación es constante, se trata de una relación lineal. Introducir el concepto de función lineal. Uso de organizadores gráficos para representar la relación. Discusión en pequeños grupos para facilitar la expresión de ideas. Apoyo con ejemplos visuales y manipulativos</p>
<p>Clase 3: Gráfica de una función lineal Se analiza en grupo: ¿qué patrón se observa?, ¿cómo crecen los valores?, ¿qué pasaría si graficamos? Se representa en PhET</p>	<p>Clase 3: Gráfica de una función lineal Se analiza en grupo: ¿qué patrón se observa?, ¿cómo crecen los valores?, ¿qué pasaría si graficamos? Se representa en papel milimetrado</p>



Clase 4: Pendiente de la Función Lineal

Pendiente $m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$

Uso de PhET para observar y calcular la pendiente entre dos puntos



Ecuación de la recta: $y = mx + by$

Monotonía: función creciente si $m > 0m$, decreciente si $m < 0$, se trabajan ejemplos con diferentes pendientes.

PhET para ver efectos al variar m y b

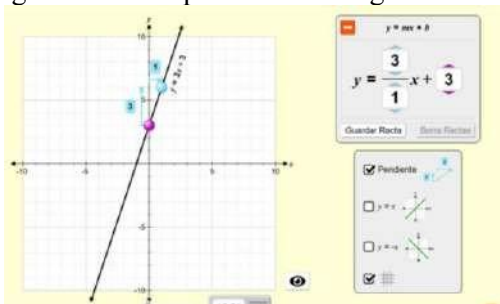
Clase 5: Aplicaciones de función lineal

Se plantea la situación: “Una empresa cobra \$3 por kilómetro recorrido. ¿Cómo varía el costo si el viaje es de 1 km, 2 km, 3 km...?”

Se explica la estructura de la función lineal $y = mx + by$

Se explica que la pendiente es la tarifa por km y la intersección es la tarifa base.

Se ingresa en PhET para observar la gráfica



Clase 4: Pendiente de la Función Lineal

Pendiente $m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$

Explicación en pizarra como se calcular la pendiente entre dos puntos

Ecuación de la recta: $y = mx + by$

Monotonía: función creciente si $m > 0m$, decreciente si $m < 0$,

Se trabajan ejemplos con diferentes pendientes. Uso de colores para pendiente y ordenada al origen

Clase 5: Aplicaciones de función lineal

Se plantea la situación: “Una empresa cobra \$ 3,00 por kilómetro recorrido. ¿Cómo varía el costo si el viaje es de 1 km, 2 km, 3 km...?”

Se explica la estructura de la función lineal $y = mx + by$

Se explica que la pendiente es la tarifa por km y la intersección es la tarifa base.

Se representa la función lineal del costo del recorrido



Nota. Elaboración propia.

De este modo, se aplicó el pretest a ambos grupos, permitiendo cuantificar sus conocimientos iniciales sobre funciones lineales. A continuación, se implementó la intervención pedagógica en el grupo experimental aplicando el simulador PhET, mientras el grupo control continuó con las clases tradicionales. Culminada esta fase, se aplicó el postest a ambos grupos para evaluar si existen diferencias significativas en el desempeño académico mediante las calificaciones obtenidas en las pruebas. Los datos fueron codificados y tabulados mediante Microsoft Excel, para su posterior análisis en IBM SPSS Statistics 27. Se realizaron pruebas de normalidad y de comparación de medias mediante la prueba t de Student para muestras independientes. Finalmente, se interpretaron los resultados obtenidos a la luz de los objetivos e hipótesis planteados considerando las limitaciones del estudio y recomendaciones para futuras investigaciones.

Hipótesis

La presente investigación se estructura en torno en las siguientes hipótesis:

H0: El uso de PhET **no influye** en el aprendizaje de funciones lineales en estudiantes de décimo año, es decir, **no existe** una diferencia significativa entre las medias de dos grupos.

H1: El uso de PhET **influye** en el aprendizaje de funciones lineales en estudiantes de décimo año, es decir, **existe** una diferencia significativa entre las medias de dos grupos.

La prueba se evalúa con un nivel de significancia del 95 %. ($\alpha = 0,05$).

Por su parte para la alcanzar el segundo objetivo específico el cual estaba enfocado en identificar las percepciones de los estudiantes sobre el uso del simulador PhET como recurso didáctico en el aprendizaje de las funciones lineales, se aplicó una guía de entrevista de base estructurada de 10 preguntas, la cual se aplicó a un grupo focal el cual se conformó de forma aleatoria con el aproximadamente el 25 % de estudiantes del grupo experimental. El análisis de la información se realizó a través de una tabla de contingencia y una nube de palabras de las principales opiniones de los estudiantes.

4. RESULTADOS

En la Tabla 3 se presentan los puntajes de la prueba pretest por el Grupo Control (GC), donde la distribución de los puntajes revela que las calificaciones de 3 y 4 fueron las más comunes mostrando un porcentaje de 22,73 % de los estudiantes, y las menos frecuentes los puntajes de 2 y 8 que representa el 4,55 % de los evaluados.



Tabla 3

Puntajes obtenidos del pretest del GC

Calificación	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
1	3	3	13,64 %	13,64 %
2	1	4	4,55 %	18,18 %
3	5	9	22,73 %	40,91 %
4	5	14	22,73 %	63,64 %
5	2	16	9,09 %	72,73 %
6	3	19	13,64 %	86,36 %
7	2	21	9,09 %	95,45 %
8	1	22	4,55 %	100,0 %
9	0	22	0,00 %	100,0 %
10	0	22	0,00 %	100,0 %
Total	22			

Nota. Creación propia

Por otra parte, en la Tabla 4 se presenta los puntajes del pretest del grupo experimental (GE), donde se observa que la calificación más frecuente fue de 4 puntos que representa al 52,83 % de los evaluados, mientras que, en las frecuencias extremas se presentan el 2 y 7 equivalente a 4,76 %.

Tabla 4

Puntajes obtenidos del pretest del GE

Calificación	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
1	0	0	0,00%	0,00%
2	3	3	14,29%	14,29%
3	4	7	19,05%	33,33%
4	5	12	23,81%	57,14%
5	5	17	23,81%	80,95%
6	1	18	4,76%	85,71%
7	2	20	9,52%	95,24%
8	1	21	4,76 %	100,0 %
9	0	21	0,00 %	100,0 %
10	0	21	0,00 %	100,0 %
Total	21			

Nota. Creación propia

La Tabla 5 presenta una comparación de los datos descriptivos de ambos grupos evaluados con el pretest, los mismos que mostraron un rango de puntajes similares entre 1 y 8 puntos; sin embargo, el grupo experimental presentó una tendencia ligeramente superior a obtener mejores puntajes, con valores en su media de 4,33, frente al grupo de control con una media de 4,09.

Tabla 5



Comparación de datos descriptivos del pretest de GC y GE

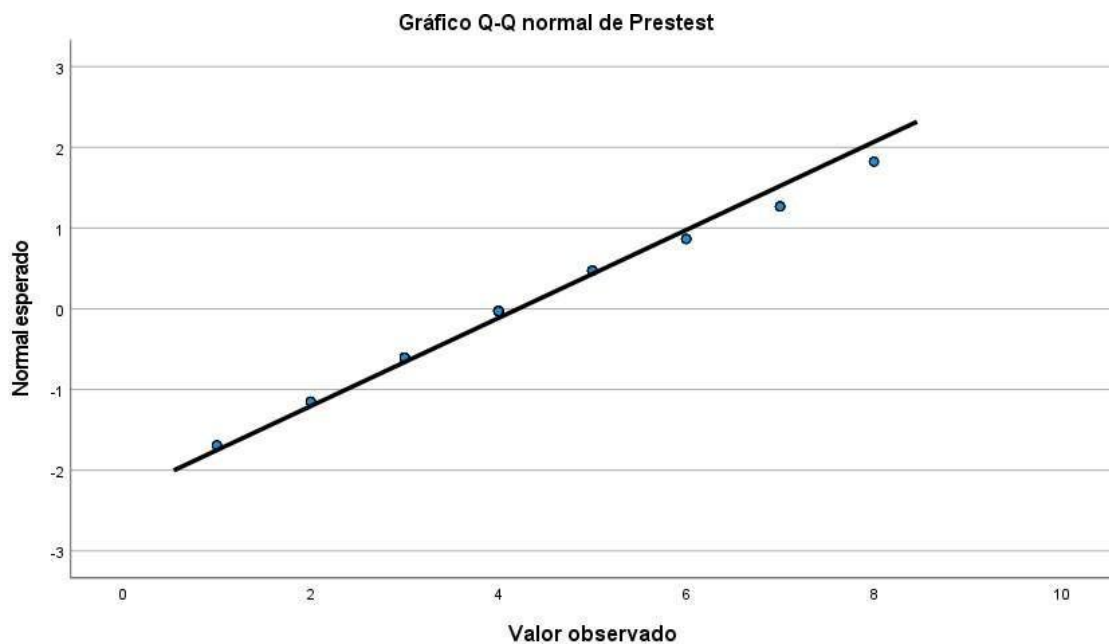
Grupo	N	Media	Desv. Est.	Varianza	Mínimo	Mediana	Máximo
GC	22	4,09	1,99	3,99	1	4	8
GE	21	4,33	1,68	2,83	2	4	8

Nota. Creación propia

Desde una perspectiva metodológica, los resultados del pretest revelan importantes consideraciones para el análisis posterior. En primer lugar, no existe una diferencia inicial significativa entre el grupo de control y el grupo experimental, puesto que la media entre ambos grupos es similar 4,09 y 4,33, respectivamente, indicando que los grupos se encuentran en un mismo rango de puntuaciones, se refiere que ambos grupos parten con conocimientos previos similares, asimismo la desviación estándar y la varianza nos indican que no hay mucha dispersión en las calificaciones obtenidas en ambos grupos ratificando que ambos poseen el mismo nivel de conocimiento.

Figura 2

Gráfica de normalidad de la prueba Pretest



Nota. Elaboración propia utilizando SPSS.

La gráfica de probabilidad normal presentada en la Figura 2 muestra la distribución de los puntajes obtenidos en el pretest por el grupo de control y grupo experimental, en esta se verifica el cumplimiento del supuesto de normalidad, requisito esencial para la aplicación posterior de pruebas paramétricas como la T de Student, ya que se observa que, los puntos tienden a alinearse razonablemente bien con la línea de referencia diagonal. Utilizando la prueba estadística de Shapiro-Wilk, se obtuvo un estadístico del 0,956 y un p-valor de 0,102, superando el umbral de 0,05, lo que indica que no hay evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis de normalidad, esto valida que los datos pueden ser analizados mediante



métodos paramétricos.

De este modo, calculando la prueba T de Student a las calificaciones del pretest indican un p-valor de 0,670 del grupo de control y experimental, lo que supera el umbral convencional de 0,05, indicando que no existe una diferencia en las medias de los resultados obtenidos en la prueba de pretest, es decir que ambos grupos parten desde un mismo nivel de conocimiento sobre funciones lineales.

En la Tabla 6 se muestran los puntajes de la prueba postest por los estudiantes del grupo de control, el cual recibió una enseñanza tradicional de funciones lineales, en donde se evidencia una mejoría en sus puntajes donde la frecuencia se ubica en los rangos de 5 y 6 donde existe un 36,36 % y 27,27 %, respectivamente, y en los extremos que son 2 y 8 tienden a un 9,09 % y 4,55 % los cuales no son muy frecuentes, la información indica que los estudiantes tiene una ligera tendencia a tener una calificación mínima de 7 puntos que es de aprobación de una evaluación.

Tabla 6

Puntajes obtenidos del postest del GC

Calificación	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
1	0	0	0,00 %	0,00 %
2	0	0	0,00 %	0,00 %
3	2	2	9,09 %	9,09 %
4	3	5	13,64 %	22,73 %
5	8	13	36,36 %	59,09 %
6	6	19	27,27 %	86,36 %
7	2	21	9,09 %	95,45 %
8	1	22	4,55 %	100,0 %
9	0	22	0,00 %	100,0 %
10	0	22	0,00 %	100,0 %
Total	22			

Nota. Creación Propia

Mientras la Tabla 7 muestra la frecuencia de los resultados obtenidos de los estudiantes de grupo experimental donde se aplicó la intervención con la herramienta PhET en el aprendizaje de funciones lineales. Aquí se observa una mejora considerable al no existir puntajes muy bajos lo que indica que los estudiantes alcanzaron al menos un nivel básico de comprensión, la distribución de los puntajes esta dado de la siguiente el 33,33 % de los estudiantes obtuvieron 7 puntos, en 6 y 8 que representan el 28,57 % y 23,81 %, respectivamente, en el extremo de 9 y 10 puntos existe un 4,76 %, se observa una mejora en las calificaciones obtenidas luego de la intervención en comparación con el grupo de control.

Tabla 7

Puntajes obtenidos del postest del GE

Calificación	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
1	0	0	0,00 %	0,00 %
2	0	0	0,00 %	0,00 %



3	0	0	0,00 %	0,00 %
4	0	0	0,00 %	0,00 %
5	1	1	4,76 %	4,76 %
6	6	7	28,57 %	33,33 %
7	7	14	33,33 %	66,67 %
8	5	19	23,81 %	90,48 %
9	1	20	4,76 %	95,24 %
10	1	21	4,76 %	100,0 %
Total	21			

Nota. Creación Propia

La Tabla 8 presenta la información estadístico descriptivo del postest de ambos grupos de estudio, donde se observa que el grupo de control alcanzó una media de 5,27 puntos con una desviación estándar de 1,24 varianza de 1,54 mientras que el grupo experimental tiene una media de 7,10 puntos con una desviación estándar de 1,18 y varianza de 1,39. Mostrando que existe una diferencia de sus medias de 1,83 puntos a favor del grupo experimental demostrando que el uso de PhET mejora el rendimiento académico, pero no existe una dispersión muy significativa en las calificaciones en ambos grupos, es decir el conocimiento adquirido es de igual proporción en ambos grupos.

Tabla 8

Comparación de datos descriptivos del postest de GC y GE

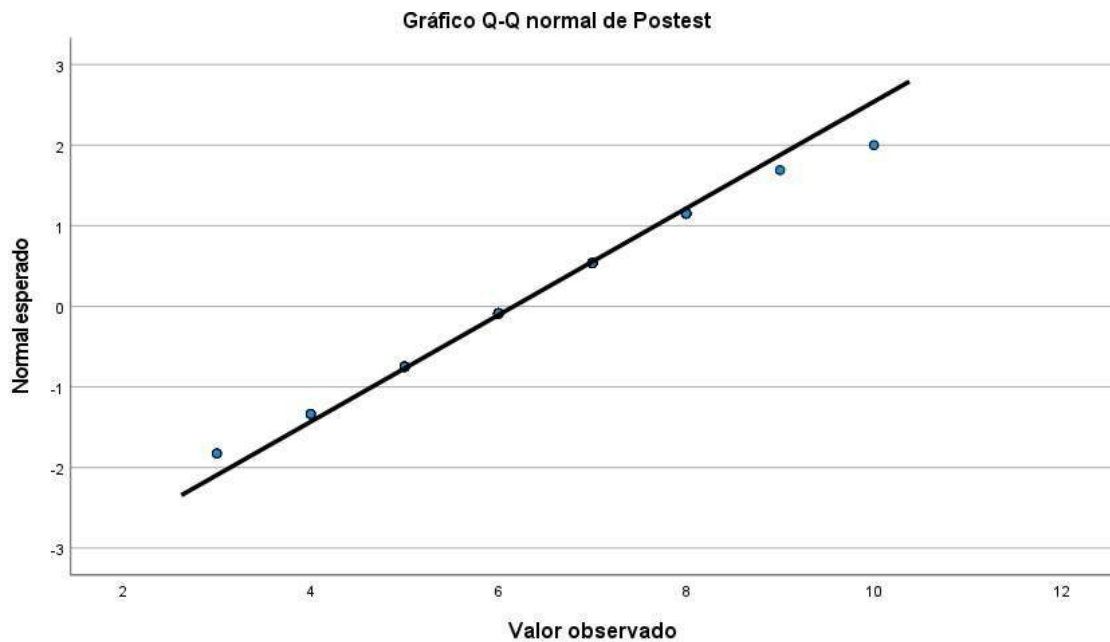
Grupo	N	Media	Desv. Est.	Varianza	Mínimo	Mediana	Máximo
GC	22	5,27	1,24	1,54	3	5	8
GE	21	7,10	1,18	1,39	5	7	10

Nota. Elaboración propia.

En la Figura 3 se muestra la gráfica de normalidad de los puntajes del postest tanto del grupo de control como del experimental, donde se observa el supuesto de normalidad, requisito para la aplicación de la prueba de paramétrica de T de Student. Los puntajes se alinean con la línea de referencia diagonal con algunas desviaciones en los extremos lo que sugiere que los datos siguen aproximadamente una distribución normal. Así mismo, al realizar la prueba de normalidad mediante Shapiro-Wilk, se obtuvo un estadístico de 0,960 y un p valor de 0,144 el mismo que supera el umbral de valor crítico de 0,05, lo que indica que no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis de normalidad por lo que los datos pueden ser analizados mediante métodos paramétricos.

Figura 3

Gráfica de Normalidad de la prueba postest



Nota. Elaboración propia utilizando SPSS.

Asimismo, se evaluó las calificaciones del postest con método de T de Student obteniendo un *p-valor* igual a $<0,001$ siendo un valor menor al umbral crítico de 0,05, indicando una diferencia estadísticamente significativa entre las medias comparadas, sugiriendo que es improbable que la diferencia observada sea por azar y rechazando la hipótesis nula que plantea el uso de PhET no incide en el aprendizaje de funciones lineales en estudiantes de décimo año, confirmado la hipótesis alterna el uso del simulador PhET influye en el aprendizaje de funciones lineales en estudiantes de décimo año.

Además, es importante mencionar la diferencia en los valores mínimos, de 5 puntos para el grupo experimental frente a 3 puntos en el grupo de control, lo que demuestra que el uso de PhET podría ser beneficiosa para estudiantes con mayores dificultades de aprendizaje, reduciendo significativamente la brecha educativa entre estudiantes.

Resultados del grupo focal

Por otra parte, considerando que las opiniones de la entrevista respecto de percepciones de los estudiantes sobre el uso del simulador PhET como recurso didáctico en el aprendizaje de las funciones lineales, fueron diversas se ha elaborado una tabla de contingencia (Tabla 10) con el fin de explicitar los aspectos más frecuentes de los cinco informantes.

Tabla 10

Percepción de los estudiantes de decimo sobre el simulador PhET

N	Percepción del estudiante	Frecuencia	Porcentaje
1	PhET me facilitó graficar la función lineal.	5	100,0 %
2	Mejoré la comprensión del concepto de función lineal.	5	100,0 %
3	El simulador me ayudó más que en otras clases (con pizarra).	5	100,0 %
4	Comprendí mejor la gráfica, pendiente y ecuación de la	5	100,0 %



del 17.3 % en las calificaciones de los estudiantes.

Vélez et al. (2024) a través de un estudio cuasiexperimental, compararon el uso del simulador PhET con métodos de enseñanza tradicionales para la construcción de funciones cuadráticas. Los resultados revelaron que los estudiantes del grupo experimental, que utilizaron PhET, obtuvieron calificaciones significativamente superiores y mostraron una menor variabilidad en sus puntajes, lo que indica una mayor eficacia del simulador en la comprensión y retención de los conceptos. Este hallazgo refuerza la noción de que la integración de herramientas digitales interactivas puede mejorar la comprensión matemática y motivar a los estudiantes.

Por su parte, Inayah y Masruroh (2021) evaluaron la efectividad de los simuladores PhET como medio para las prácticas de laboratorio, los resultados mostraron un aumento significativo en la comprensión conceptual de los estudiantes, con un puntaje N-gain promedio de 0.63 (nivel medio), además la implementación del simulador recibió una respuesta muy positiva por parte de los estudiantes, confirmando su efectividad como medio de aprendizaje.

Esta evidencia empírica se corresponde con los resultados del grupo focal donde se obtuvo que el simulador PhET facilitó graficar y comprender funciones lineales, facilita recordar el tema con mayor facilidad, genera motivación por aprender e inclusive despierta interés por utilizar la herramienta en otras asignaturas como en ciencias. Esto sugiere que el simulador tiene un alto potencial de transferencia pedagógica. Tal es el caso de la investigación de Chávez y Mestres (2023), en donde a través de un estudio experimental con 57 estudiantes de bachillerato se demostró que los simuladores PhET son una herramienta didáctica valiosa, ya que proporcionan una experiencia más cercana y motivadora para el alumnado en la resolución de problemas de fenómenos físicos, sugiere que el uso de estas herramientas es de gran importancia para potenciar el conocimiento de los estudiantes que se enfrentan a estos problemas por primera vez.

En la relación con lo anterior, Vásquez et al. (2023) al evaluar el impacto de los simuladores PhET como estrategia de enseñanza-aprendizaje en el área de las ciencias, con el objetivo de mejorar la capacidad de indagación en estudiantes universitarios, el enfoque en la indagación sugiere que el simulador fue efectivo para fomentar habilidades de investigación y experimentación, lo cual es crucial para una comprensión profunda de los conceptos científicos muchos de los cuales son ampliamente estudiados a través funciones lineales.

Por otra parte, es importante mencionar que algunos estudiantes del grupo focal manifestaron haber tenido dificultades para utilizar PhET debido a que el simulador PhET tiene algunas limitaciones como: la interfaz fija que solo permite generar funciones lineales en el dominio y rango que va entre -10 y 10; y, que en algunos casos los indicadores de puntos de la recta no son precisos, motivo por el cual el docente debe llevar preparados los problemas que se van a tratar en clase.

6. CONCLUSIÓN

El uso del simulador PhET como herramienta didáctica ha demostrado ser significativa para el aprendizaje de las funciones lineales en los estudiantes de décimo año de educación general



básica de la Unidad Educativa Chaguarpamba. Aquellos que emplearon el simulador evidenciaron una mayor comprensión de los conceptos asociados a la función lineal, tales como creación de gráficas y comportamiento de pendientes, reflejado en mejora las calificaciones de 1.83 puntos en una escala de 0 a 10 puntos. Esto se atribuye a la posibilidad de visualizar dinámicamente el comportamiento de la función lineal mediante la herramienta.

La mayoría de los estudiantes percibió al simulador PhET de forma positiva, considerándolo una herramienta útil y motivadora para el aprendizaje de funciones lineales. Destacaron que les ayudó a mejorar la comprensión conceptual, visualizando mejor las características de la función lineal. No obstante, también señalaron que el uso del simulador puede suponer un reto porque la interfaz tiene ciertas limitaciones como para graficar algunas funciones, lo que evidencia la necesidad de planificar apropiadamente los problemas o ejercicios a realizar en clase. Asimismo, manifestaron interés en que esta herramienta se utilice en otras asignaturas, lo que sugiere cierto potencial transversal.

Una de las principales limitaciones del estudio se relaciona con el tiempo de intervención. Se sugiere extender el período de aplicación para evaluar con mayor precisión la durabilidad de los aprendizajes adquiridos.

Asimismo, resulta fundamental contrastar estos resultados con los de una institución de la zona urbana. Tal comparación permitiría discernir si el incremento en las calificaciones refleja una mejora genuina del rendimiento o si, por el contrario, obedece a un efecto de novedad asociado al uso de una herramienta previamente desconocida para los estudiantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altamirano, D., y Mera, F. A. (2023). Estrategias didácticas para generar situaciones de aprendizaje significativo en matemáticas utilizando herramientas digitales. *Dominio de las Ciencias*, 9, 168–185. <https://doi.org/10.23857/dc.v9i1.3125>
- Bonwell, C., & James, E. (1991). *Active learning: Creating excitement in the classroom*. ERIC. <https://doi.org/ISBN-1-878380-08-7>
- Caballero, M., & Llorent, V. (2022). The effects of a teacher training program on neuroeducation in improving reading, mathematical, social, emotional and moral competencies of secondary school students. A two-year quasi-experimental study. *Revista de Psicodidáctica*, 27(2), 158-167. <https://doi.org/10.1016/j.psicod.2022.04.001>
- Campeón, M., Aldana, E., y Villa, J. (2018). Ingeniería didáctica para el aprendizaje de la función lineal mediante la modelación de situaciones. *Sophia-Educación*, 14(2), 115-126. <https://doi.org/10.18634/sophiaj.14v.2i.699>
- Carrión-Paredes, F. A., García-Herrera, D. G., Erazo-Álvarez, C. A., y Erazo-Álvarez, J. C. (2020). Simulador virtual PhET como estrategia metodológica para el aprendizaje de Química. *CienciaMatria*, 3, 2542-3029. <https://doi.org/10.35381/cm.v6i3.396>
- Chávez Farfán, J. G., y Mestres Gómez, U. (2023). Simuladores Phet: como herramienta didáctica para la enseñanza y aprendizaje experimental de física. *Polo del Conocimiento*, 8(11), 1303-1322. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/6337>



- Díaz, J. E. (2017). Aprendizaje de las matemáticas con el uso de simulación. *Sophia-Educación*, 14(1), 22-30. <https://doi.org/10.18634/sophiaj.14v.1i.519>
- Díaz, J. E. (2017). Importancia de la simulación Phet en la enseñanza y el aprendizaje de fracciones equivalentes. *Revista Educación y Desarrollo Social*, 11(1), 48-63. <https://doi.org/10.18359/reds.2011>
- Guachún F., y Mora B. (2019). El software GeoGebra como recurso para la enseñanza de la función lineal: Una propuesta didáctica. *Números*, 101, 103-112. https://scpm Luisbalbuena.org/revista_numeros/101/
- Guanotuña, G., Heredia, L., Lara, L., y García, I. (2023). Simulador PHET, una herramienta de gamificación para el aprendizaje de las matemáticas. *Revista Social Fronteriza*, 23, 2806-5913. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7552868>
- Guerra, X. (2020). El constructivismo en la educación y el aporte de la teoría sociocultural de Vygotsky para comprender la construcción del conocimiento en el ser humano. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores. EBSCO*. <https://doi.org/2007-7890>
- Inayah N., y Masruroh. (2021). PhET Simulation Effectiveness as Laboratory Practices Learning Media to Improve Students' Concept Understanding. *Prisma Sains*, 9(2), 152-162. <https://doi.org/10.33394/j-ps.v9i2.2923>
- Instituto Nacional de Evaluación Educativa. (2023). Informe Nacional Ser Estudiante-Subnivel Básica. Instituto Nacional de Evaluación Educativa. <https://evaluaciones.evaluacion.gob.ec/BI/nacionales-informes-y-resultados/>
- Instituto Nacional de Evaluación Educativa. (2018). Educación en Ecuador Resultados de PISA para el Desarrollo. Instituto Nacional de Evaluación Educativa. <https://evaluaciones.evaluacion.gob.ec/BI/educacion-en-ecuador-resultados-de-pisa-para-el-desarrollo/>
- López, C. A., y Torres, M. R. (2020). Experiencias y efectos del uso de la aplicación móvil “Calculadora Gráfica” de GeoGebra en el aprendizaje de la función lineal en los estudiantes de undécimo grado de la Institución Educativa Distrital Alfredo Iriarte Sede A «Chircales». *Repository Libertadores* <http://hdl.handle.net/11371/2773>
- Matú, S. M. (2024). Eficacia del simulador PhET en la graficación de funciones en estudiantes de nivel medio superior. *Revista Innova Educación*, 6(3), 34-47. <https://doi.org/10.35622/j.rie.2024.03.002>
- Mera, J. R., y López, W. O. (2023). Simuladores PHET: una herramienta didáctica para el mejoramiento del rendimiento académico de estudiantes en Energía Mecánica. *Journal Scientific Investigar*, 7(4), 112-130. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.4.2023.112-130>
- Ministerio de Educación. (2016). Educación General Básica Superior: <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/09/EGB-Superior.pdf>
- Ministerio de Educación. (2025). Anexo 1. Acuerdo de consentimiento informado para padres-madres-tutores. https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/09/Anexo1_Formato-consentimiento-padres-tutores.pdf
- Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible* (A/RES/70/1). <https://sdgs.un.org/2030agenda>



- Ossa, C., Valencia, M., y Mina, L. (2023). Estrategia pedagógica a través de la herramienta educativa PHET, para fortalecer las habilidades en la resolución de problemas aritméticos de los estudiantes de grado quinto. *Los Libertadores*. <http://hdl.handle.net/11371/6282>
- Paguay, B. A. (2024). Simulador PhET para el aprendizaje del movimiento rectilíneo uniforme, carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales Matemáticas y la Física. UNACH: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/12966>
- University of Colorado Boulder. (2024). Impact Report. *PhET Interactive Simulations* https://phet.colorado.edu/publications/PhET_Impact_Report_2024.pdf
- Rivera, M. I., y Dolores, C. (2021). Preconcepciones de pendiente en estudiantes de Educación Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 39(1), 195-217. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3045>
- Sobrado, E., Sarduy, D. y Espindola, A. (2018). Estrategia didáctica para mejorar la calidad de la comunicación en matemática. *Transformación*, 14(2), 272-285. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-29552018000200012&lng=es&tlng=en
- Vásquez Alegría, R., Macedo Torres, L., López Alvarado, L. P., Vela Orbe, J., Capcha Vega, L. E., y Dávila Panduro, S. K. (2023). Impacto del Simulador PhET en la Capacidad de Indagación con Estudiantes Universitarios. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), 3281-3295. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.7958
- Vélez Cantos, C. E., Rivera Fernández, W. R., Chicaiza Intriago, J. G., Ruiz García, M. F., y Gutiérrez Moreno, O. P. (2024). PhET Simulations como herramienta de apoyo en la construcción de funciones cuadráticas. *G-Nerando*, 5(1), 1067 – 1093. <https://doi.org/10.60100/rcmg.v5i1.242>

Conflicto de Intereses: Los autores declaran que no tienen conflictos de intereses relacionados con este estudio y que todos los procedimientos seguidos cumplen con los estándares éticos establecidos por la revista. Asimismo, confirman que este trabajo es inédito y no ha sido publicado, ni parcial ni totalmente, en ninguna otra publicación.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA:

Nombres de autores e iniciales: Galo Leonel Abad Tillaguango (GLAT), Machuca Yaguana Jonathan Alberto (MYJA), Vilma Estefania Salinas Nalvay (VESN)

1. Conceptualización: (GLAT) (VESN)
2. Curación de datos: (GLAT) (MYJA)
3. Análisis formal: (MYJA)
4. Adquisición de fondos: (GLAT) (VESN)
5. Investigación: (GLAT)
6. Metodología: (MYJA)
7. Administración del proyecto: (MYJA)
8. Recursos: (GLAT) (MYJA)
9. Software: (GLAT) (VESN)



10. Supervisión: (MYJA)
11. Validación: (GLAT) (MYJA)
12. Visualización: (GLAT)
13. Redacción – borrador original: (GLAT)
14. Redacción – revisión y edición: (GLAT) (MYJA)