

**PhET Simulations como herramienta de apoyo en la construcción de funciones cuadráticas
PhET Simulations as a support tool for the construction of quadratic functions**

Ing. Carlos Eduardo Vélez Cantos MSc., Ing. Williams Ricardo Rivera Fernández, Ing. Juan Gabriel Chicaiza Intriago, Lic. Marcelo Francisco Ruiz García, Ing. Omar Patricio Gutiérrez Moreno Mg.

**CONFLUENCIA DE
INNOVACIONES CIENTÍFICAS
Enero - junio, V°5-N°1; 2024**

- ✓ **Recibido:** 29/05/2024
- ✓ **Aceptado:** 20/06/2024
- ✓ **Publicado:** 30/06/2024

PAIS

- Ecuador – Portoviejo
- Ecuador – Calceta
- Ecuador – Calceta
- Ecuador – Rocafuerte
- Ecuador – Quito

INSTITUCIÓN:

- Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Técnica de Manabí
- Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López"
- Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López".
- Unidad Educativa Rocafuerte
- Unidad Educativa Sucre

CORREO:

- ✉ carlos.velez@utm.edu.ec
- ✉ wrrivera@espam.edu.ec
- ✉ jgchicaiza@espam.edu.ec
- ✉ marcelo.ruiz@educación.gob.ec
- ✉ omar.gutierrez@educación.gob.ec

ORCID:

- 🌐 <https://orcid.org/0000-0001-9774-9760>
- 🌐 <https://orcid.org/0000-0002-9757-0282>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0004-9507-4543>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0002-2701-654X>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0001-1816-1641>

FORMATO DE CITA APA

Vélez, C. Rivera, W. Chicaiza, J. Ruiz, M. Gutiérrez, O. (2024). PhET Simulations como herramienta de apoyo en la construcción de funciones cuadráticas. *Revista G-ner@ndo*, V°5 (N°1), 1067 – 1093.

Resumen

Este estudio se centra en investigar si la simulación PhET puede potenciar la comprensión y retención de conceptos relacionados con funciones cuadráticas en comparación con los métodos de enseñanza tradicionales en el contexto educativo ecuatoriano. Utilizando el enfoque del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) y promoviendo el aprendizaje colaborativo, se pretende evaluar cómo la integración de esta herramienta digital innovadora puede mejorar significativamente el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. La investigación empleó un diseño cuasiexperimental con dos grupos de estudiantes (experimental y control) del Primer Año de Bachillerato, utilizando la simulación PhET y métodos tradicionales, respectivamente, para el aprendizaje de funciones cuadráticas. Se aplicaron métodos teóricos analítico-sintético e inductivo-deductivo, junto con análisis estadístico utilizando Jamovi para comparar medidas descriptivas y pruebas t inferenciales entre los grupos, evaluando la efectividad de PhET en términos de comprensión matemática. Además, reveló que los estudiantes que utilizaron la simulación para aprender funciones cuadráticas obtuvieron calificaciones significativamente superiores en comparación con los que recibieron enseñanza tradicional. Las medias más altas y la menor variabilidad en las calificaciones del grupo experimental indican una mayor eficacia de PhET en el aprendizaje y retención de conceptos. Estos resultados respaldan la integración de herramientas digitales interactivas para mejorar la comprensión matemática y motivar a los estudiantes en el proceso educativo.

Palabras clave: Aprendizaje Basado en Problemas, Aprendizaje colaborativo, didáctica de las matemáticas, funciones cuadráticas, PhET Simulations

Abstract

This study focuses on investigating whether PhET simulation can enhance the understanding and retention of concepts related to quadratic functions compared to traditional teaching methods in the Ecuadorian educational context. Using the Problem-Based Learning (PBL) approach and promoting collaborative learning, it aims to evaluate how the integration of this innovative digital tool can significantly improve the teaching and learning process of mathematics. The research employed a quasi-experimental design with two groups of students (experimental and control) of the First Year of High School, using PhET simulation and traditional methods, respectively, for learning quadratic functions. Analytic-synthetic and inductive-deductive theoretical methods were applied, along with statistical analysis using Jamovi to compare descriptive measures and inferential t-tests between the groups, evaluating the effectiveness of PhET in terms of mathematical understanding. In addition, it revealed that students who used the simulation to learn quadratic functions obtained significantly higher grades compared to those who received traditional instruction. The higher means and lower variability in the experimental group's scores indicate a greater effectiveness of PhET in learning and retaining concepts. These results support the integration of interactive digital tools to improve mathematical understanding and motivate students in the educational process.

Keywords: Problem Based Learning, Collaborative Learning, didactics of mathematics, quadratic functions, PhET Simulations, PhET Simulations.

Introducción

El concepto de función cuadrática es ampliamente aplicado en diversas áreas de la vida cotidiana y profesional. En la asignatura de matemáticas, permite entender conceptos como máximos y mínimos, intersecciones y simetría (Muñoz, 2023). En física, las funciones cuadráticas describen el movimiento de objetos bajo la influencia de la gravedad, como el trayecto de un proyectil (Quintana et al., 2024). Además, en economía y finanzas, ayudan a modelar el comportamiento de costos y beneficios, optimizando la toma de decisiones.

En el sistema educativo ecuatoriano, las matemáticas tienen un papel importante en la formación académica de los estudiantes desde los niveles básicos hasta el bachillerato. En este último nivel educativo, que comprende los últimos tres años de la educación secundaria, es donde se prepara a los jóvenes para la educación superior y para el mundo laboral. Sin embargo, uno de los problemas que tiene esta asignatura es que su enseñanza se da bajo enfoque tradicional, que a menudo es teórico y poco interactivo. En un esfuerzo por mejorar la calidad de la educación matemática, se reconoce la importancia de incorporar en el aula de clases herramientas digitales innovadoras que puedan complementar los métodos tradicionales de enseñanza. Una de estas herramientas es la simulación PhET, con la cual los estudiantes pueden realizar simulaciones interactivas que les permiten visualizar conceptos matemáticos de manera dinámica y participativa.

En el presente trabajo se propone el uso de la simulación PhET como herramienta digital para mejorar el aprendizaje de las matemáticas, centrándose específicamente en el tema de las funciones cuadráticas. Los métodos tradicionales de enseñanza a menudo no consideran las necesidades individuales de los estudiantes ni fomentan un aprendizaje significativo. Según Campos y Vivas (2022). El estudio de la parábola como gráfica de la función cuadrática, la solución de situaciones concretas de la vida cotidiana utilizando esta función, el análisis de sus elementos y las diferentes representaciones algebraicas, muestran una problemática en el

alcance de las competencias básicas del área de matemáticas en los estudiantes, generando un bajo desempeño académico y una gran desmotivación por el aprendizaje. (p. 21)

Anato (2022) menciona que las tendencias actuales en la enseñanza de las matemáticas han enfatizado la relevancia del empleo de la tecnología como una herramienta que facilita tanto al profesor como al estudiante el proceso de obtener conclusiones y realizar observaciones que, en otros contextos, como por ejemplo el uso exclusivo de lápiz y papel, serían difíciles de alcanzar. Es de suma importancia que los estudiantes dominen este tema, “debido a que su comprensión es fundamental para estudios avanzados en la matemática escolar, además de su conexión con otros temas y otras disciplinas como la ingeniería, la física y el diseño” (García et al., 2022, p. 2)

El uso de nuevas herramientas digitales, como las simulaciones PhET, está transformando la enseñanza de las matemáticas al integrarse en las aulas, lo que demanda que los docentes introduzcan conceptos utilizando tablets, teléfono o computadora (Altamirano & Mera, 2023). Este cambio implica dejar atrás los enfoques tradicionales de memorización y repetición, y en su lugar adoptar diversas estrategias metodológicas que mejoran el proceso de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes. Ante esta evolución en la forma de enseñar matemáticas, surge la pregunta científica: ¿Puede la simulación PhET mejorar la comprensión de las funciones cuadráticas en comparación con los métodos tradicionales? Este estudio proporciona una alternativa efectiva y accesible para la enseñanza de funciones cuadráticas, con el objetivo de evaluar la efectividad de la simulación PhET en comparación con los enfoques tradicionales en términos de aprendizaje y retención de conceptos.

Para lograr este objetivo, se empleó la metodología del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), donde los estudiantes aplicaron los conceptos de funciones cuadráticas de manera práctica. Además, se fomentó el aprendizaje colaborativo, permitiendo que los

estudiantes trabajen juntos para resolver problemas, compartir ideas y construir su comprensión de manera conjunta.

El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) es un enfoque educativo centrado en el estudiante que se basa en la resolución de problemas como método principal de enseñanza y aprendizaje. Según Padilla y Flóres (2022, p. 318) “el ABP ha resultado ser una estrategia didáctica implementada a nivel mundial en distintas modalidades escolares y niveles”. además, los autores destacan que este enfoque, particularmente “en el área de la enseñanza de las matemáticas, ha resultado especialmente útil en cuanto ha permitido poner en contexto a las matemáticas, desafío no siempre sencillo o factible” (p. 319). De la misma manera, Guamán y Espinoza (2022) indican que el ABP. Está fundamentado en la solución de problemas, mediante los cuales el alumno desarrolla significativamente sus estructuras cognitivas, propicia el trabajo cooperativo, desarrolla las habilidades para el aprendizaje autónomo y fomenta valores como la responsabilidad, la cooperación y el amor a la verdad. (p. 125)

Es decir, en lugar de recibir conocimientos de manera pasiva a través de la exposición directa del maestro, los estudiantes enfrentan situaciones problemáticas auténticas que requieren que investiguen, analicen y resuelvan problemas de manera activa y colaborativa. En la enseñanza de funciones cuadráticas, el ABP permite a los estudiantes aplicar los conceptos teóricos a problemas del mundo real, lo que facilita la comprensión de cómo estas funciones se utilizan en situaciones concretas en campos como la física, la ingeniería y la economía.

El aprendizaje colaborativo es una estrategia pedagógica en la cual los estudiantes trabajan en grupos para alcanzar metas comunes, “ha ganado prominencia y reconocimiento por su enfoque innovador” (Zerna & Vergara, 2024, p. 6032). Su importancia radica en su capacidad para fomentar la participación activa al permitir el intercambio de información y conocimientos entre los participantes de manera facilitada (Chen et al., 2018).

En la enseñanza de funciones cuadráticas, el aprendizaje colaborativo permite a los estudiantes compartir ideas, resolver problemas en conjunto y construir su comprensión de manera colectiva. Con esto se promueve el intercambio de conocimientos y se afianzan habilidades sociales.

En particular, la enseñanza de las matemáticas ha avanzado hacia enfoques más heurísticos y diversos, alejándose de la idea antigua de un método único para enseñar todas las disciplinas (Guzmán, 2020). Esto refleja cómo la pedagogía en matemáticas se adapta para tratar de una mejor manera las necesidades y capacidades de los estudiantes en contextos contemporáneos. Para Gutiérrez & Jaime (2021). El objetivo último de la didáctica de las matemáticas (educación matemática) es ayudar a mejorar la formación matemática de los estudiantes de los diferentes niveles educativos, para contribuir al orden científico y humano de los ciudadanos y mejorar a la sociedad del futuro. (p. 199)

En este contexto, las matemáticas son una herramienta técnica y científica esencial para la formación integral de los individuos. Mediante métodos didácticos innovadores y adaptativos, se busca impartir conocimientos matemáticos y habilidades de pensamiento crítico, resolución de problemas y razonamiento lógico. Estos aspectos forman ciudadanos preparados y conscientes, capaces de contribuir de manera positiva a una sociedad en constante evolución.

Los métodos tradicionales utilizados para enseñar las funciones cuadráticas pueden presentar limitaciones en el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Estas limitaciones incluyen la falta de visualización y comprensión de la relación entre los coeficientes y la forma de la gráfica, así como la falta de interacción y experimentación con diferentes parámetros. Estas limitaciones pueden obstaculizar el desarrollo de habilidades y el interés de los estudiantes en el tema.

Funciones Cuadráticas

Definición 1. Sean a, b y c números reales con $a \neq 0$, la función f de $\mathbb{R}$ en $\mathbb{R}$ cuya regla de correspondencia es $f(x) = ax^2 + bx + c$, recibe el nombre de la función cuadrática (Ramos et al., 2017).

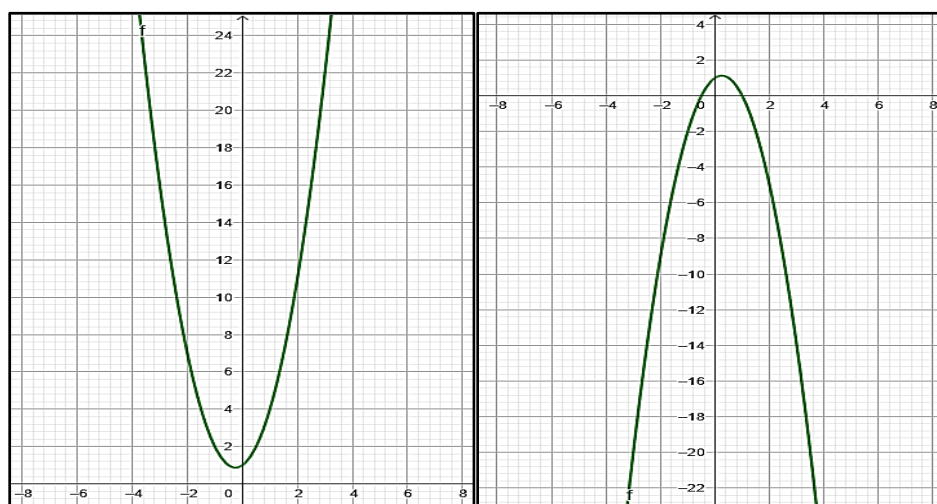
Características de una función cuadrática

Gráfica

Como se muestra en la figura 1, la gráfica de una función cuadrática es una parábola que puede abrirse hacia arriba (si $a > 0$) o hacia abajo (si $a < 0$).

Figura 1

Gráfica de una función cuadrática



a. Cuando $a > 0$

b. Cuando $a < 0$

Fuente. <https://www.geogebra.org/classic?lang=es>

Vértice

El vértice de la parábola es el punto máximo o mínimo de la función, dependiendo de la dirección en la que se abre. La coordenada x del vértice se encuentra con la fórmula:

$$x = -\frac{b}{2a} \quad (1)$$

La coordenada y del vértice se encuentra evaluando la función en el valor de x del vértice:

$$y = f\left(-\frac{b}{2a}\right)$$

Eje de Simetría

La parábola es simétrica respecto a una línea vertical que pasa por el vértice, conocida como el eje de simetría (1).

Intersección con el Eje y

La intersección de la parábola con el eje y ocurre cuando $x = 0$, por lo que el punto de intersección es: $(0, c)$.

Intersección con el Eje (Raíces)

Las raíces de la función cuadrática son los valores de x para los cuales $f(x) = 0$. Estas se encuentran resolviendo la ecuación cuadrática:

$$ax^2 + bx + c = 0$$

Usando la fórmula general

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

La discriminante $\Delta = b^2 - 4ac$ determina la naturaleza de las raíces:

- Si $\Delta > 0$, hay dos raíces reales y distintas.
- Si $\Delta = 0$, hay una raíz real doble.
- Si $\Delta < 0$, no hay raíces reales (las raíces son compleja).

Recursos digitales

El sistema educativo de Ecuador se encuentra en un entorno de cambios rápidos y constantes, es importante asegurar una formación integral de los estudiantes ante los retos de una sociedad dinámica y compleja. La integración de las TIC permite el desarrollo de estrategias pedagógicas innovadoras que enriquecen la experiencia educativa (Collantes & Aroca, 2024; Medina et al., 2024). Existe una amplia gama de recursos digitales que utilizan elementos multimedia para potenciar y enriquecer el aprendizaje de los alumnos, fomentando su participación activa y el desarrollo de habilidades importantes (Lino et al., 2023). “La disposición de los docentes para integrar estas herramientas contribuye a enriquecer la experiencia de aprendizaje y a preparar a los estudiantes para un entorno digital en constante evolución” (Morán & Barberi, 2024).

Una de las herramientas que ha mostrado gran eficacia en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las Matemáticas es el uso de simuladores interactivos. Estos recursos permiten a los estudiantes visualizar conceptos abstractos, experimentar con diferentes escenarios y recibir retroalimentación inmediata, lo que facilita una comprensión más profunda y práctica de los contenidos matemáticos. Además, para Pico et al. (2024), los simuladores interactivos promueven un aprendizaje más dinámico y motivador, incrementando el interés y la participación activa de los alumnos en su proceso educativo.

Uso de la simulación PhET

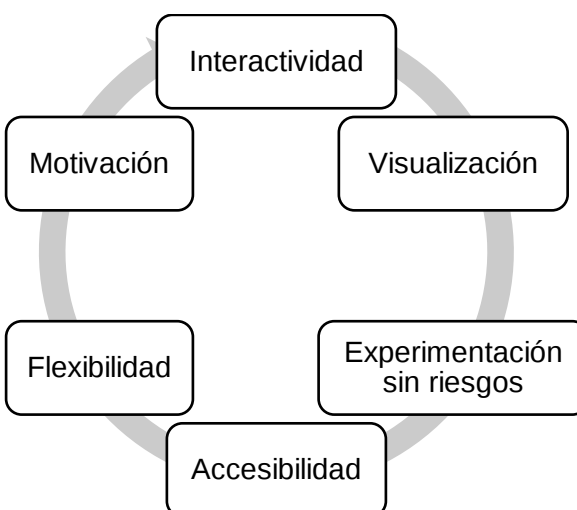
En la última década, existe un notable aumento en la investigación sobre el uso de simulaciones PhET para mejorar la comprensión y la práctica de los estudiantes en ciencias.

Aunque estos estudios muestran que los simuladores virtuales PhET pueden aumentar la motivación y mejorar el entendimiento de conceptos abstractos en este campo, existe una necesidad de un análisis más exhaustivo y detallado de los resultados para obtener una visión completa y fundamentada del estado actual del conocimiento en este campo (Ávila, 2024; Lino et al., 2023).

La simulación PhET comprende un conjunto interactivo y educativo de simulaciones dirigidas a las ciencias exactas y naturales como física, matemáticas, biología y química. Entre sus atributos destacan su acceso de código abierto, lo que la hace accesible para todos, y su capacidad de operar en línea o sin conexión, permitiendo la descarga de todos los simuladores disponibles en la plataforma. Está diseñada para funcionar con tecnologías como Java, Flash y HTML5 (Mera & López, 2023). A continuación, se observan las ventajas de utilizar PhET Simulations

Figura 2

Ventajas del PhET Simulations



Fuente. Elaboración propia

En la figura 2 se muestra una serie de características importantes para la enseñanza y el aprendizaje en ciencias al utilizar simulaciones PhET. Primero, permiten a los estudiantes interactuar directamente con conceptos abstractos y fenómenos científicos, facilitando una comprensión más profunda del tema mediante experiencias prácticas y visuales. Además, ayudan a visualizar procesos complejos que son difíciles de entender solo con métodos tradicionales, lo cual es fundamental para consolidar el aprendizaje.

La posibilidad de realizar experimentos virtuales sin riesgos ni costos adicionales promueve un aprendizaje activo y autónomo. Además, al ser una herramienta gratuita y de código abierto, las simulaciones PhET son accesibles para cualquier persona con conexión a internet y pueden adaptarse a diferentes dispositivos y entornos de aprendizaje, ya sea en el aula o de manera individual. Finalmente, estas herramientas mejoran la motivación de los estudiantes al hacer el proceso educativo más interactivo. Una de las ventajas más destacadas de esta herramienta interactiva es su capacidad para permitir que los estudiantes exploren y experimenten con funciones cuadráticas de manera dinámica. El docente pueda corregir los errores en tiempo real y con ello los estudiantes pueden recibir una retroalimentación inmediata para corregir los posibles errores.

Materiales Y Métodos

La investigación se estructuró utilizando un diseño cuantitativo de tipo cuasiexperimental de corte transversal, involucrando dos grupos de estudiantes distintos: el grupo experimental (GE), que se benefició del uso de la simulación PhET para el aprendizaje de funciones cuadráticas, y el grupo de control (GE), que siguió métodos tradicionales de enseñanza. Este enfoque permitió comparar de manera efectiva el impacto de las simulaciones interactivas frente a los métodos convencionales en el proceso de aprendizaje. Además, se emplearon métodos teóricos como el analítico-sintético e inductivo-deductivo para abordar tanto la descomposición y análisis profundo de los conceptos teóricos de funciones cuadráticas, como

la formulación de hipótesis basadas en la observación y la validación a través de la deducción lógica.

En el análisis estadístico-matemático de la investigación, se utilizó el software Jamovi, como lo mencionan Lino et al. (2024), para llevar a cabo un estudio detallado. Este análisis comprendió el uso de métodos descriptivos para calcular medidas como medias, moda, medianas y desviaciones estándar. Estas medidas fueron aplicadas a los resultados obtenidos en las actividades realizadas por ambos grupos de estudiantes GE y GC. Además de los métodos descriptivos, se emplearon pruebas inferenciales, específicamente pruebas t, para determinar si existían diferencias significativas entre el GE y el GC en términos de mejora en la comprensión de funciones cuadráticas. Estas pruebas fueron importantes para evaluar el impacto diferencial de la intervención educativa utilizando la simulación PhET. El enfoque riguroso y metodológico de este análisis proporcionó datos cuantitativos.

La investigación se realizó con una población de 120 estudiantes del Primer Año de Bachillerato de una Unidad Educativa del cantón Rocafuerte, provincia de Manabí, Ecuador. Utilizando una muestra no probabilística, se seleccionaron dos grupos de estudiantes del mismo grado y con niveles similares de rendimiento académico en matemáticas. Estos grupos se dividieron equitativamente, asignando 30 estudiantes al GE y 30 estudiantes al GC. La investigación presentó varias limitaciones, entre las cuales se incluyó la selección de una muestra no probabilística, lo que afectó la generalizabilidad de los resultados. Aunque el tamaño de la muestra fue razonable, podría haber sido mayor para aumentar la robustez de los hallazgos. Además, el estudio se realizó en una única Unidad Educativa del cantón Rocafuerte, lo que limitó la aplicabilidad de los resultados a otros contextos educativos. Factores no controlados, como las condiciones socioeconómicas y el entorno familiar, pudieron influir en los resultados, y la corta duración del estudio no capturó los efectos a largo plazo. La evaluación se centró exclusivamente en el rendimiento en matemáticas, lo que pudo no reflejar el desempeño general de los

estudiantes. También es posible que hayan existido sesgos del investigador y que la interacción entre los estudiantes de los grupos experimental y de control haya influido en los resultados.

Actividades

Tarea 1 TC:

Objetivo: Definir y reconocer una función cuadrática de manera algebraica y gráfica, determinando sus características: dominio, recorrido, monotonía, máximos, mínimos y paridad.

Método: Trabajo colaborativo, aprendizaje basado en problemas.

Base orientadora de la actividad: Luego de recibir la explicación del tema por parte del docente y leer las páginas 113 y 114 del libro de texto (entregado por el ministerio de educación del Ecuador), se formaron grupos de tres estudiantes. Se propone realizar las actividades 2,3 de la página 115; con el conocimiento adquirido se sugiere realizar la actividad 6 de la misma página en donde se encuentra un problema de aplicación real. El tiempo propuesto para la actividad es de 45 minutos. Posterior a ello, los participantes deben realizar la comparación de los resultados con otros grupos.

Tarea 1 TE:

Objetivo: Definir y reconocer una función cuadrática de manera algebraica y gráfica, determinando sus características: dominio, recorrido, monotonía, máximos, mínimos y paridad.

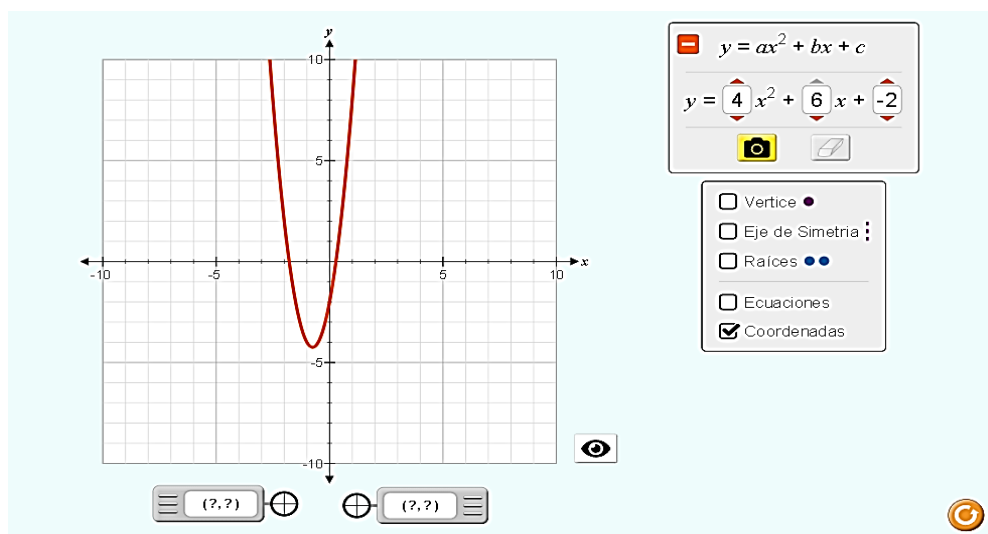
Método: Trabajo colaborativo utilizando PhET Simulation, aprendizaje basado en problemas.

Base orientadora de la actividad: Después de la explicación del tema por parte del docente (páginas 113 y 114 del libro), se distribuyeron grupos de tres estudiantes por cada computadora del laboratorio. Cada grupo debe realizar las actividades 3,5 de la página 115 utilizando Phet Simulation; además se sugiere hacer variaciones en los parámetros a , b y c de la expresión: $y = ax^2 + bx + c$. Con el conocimiento adquirido se realizará la actividad 6 de la

página. 115, misma que es un problema de aplicación real. El tiempo propuesto para la actividad es de 45 minutos. Posterior a ello, realizaron la comparación de los resultados con otros grupos, se evidenció el trabajo realizado mediante la presentación de un archivo Word con la captura de pantalla respectiva de cada problema.

Figura 3

Gráfica de la función cuadrática $y = ax^2 + bx + c$



Fuente: [Graficando Cuadráticas \(colorado.edu\)](http://GraficandoCuadraticas.colorado.edu)

Tarea 2 TC:

Objetivo: Reconocer los ceros de la función cuadrática como la solución de la ecuación de segundo grado con una incógnita.

Método: Trabajo colaborativo, aprendizaje basado en problemas.

Base orientadora de la actividad: Con la explicación del tema por parte del docente y luego de leer las páginas 116 y 117 del libro de texto, se formaron grupos de tres estudiantes. Se propone realizar las actividades 3,5 y 7 de la página 119; con el conocimiento adquirido se sugiere realizar la actividad 8 (página 119), donde está planteado un problema de aplicación real.

El tiempo propuesto para la actividad es de 45 minutos. Al final de la actividad, los participantes deben realizar la comparación de los resultados con otros grupos.

Tarea 2 TE:

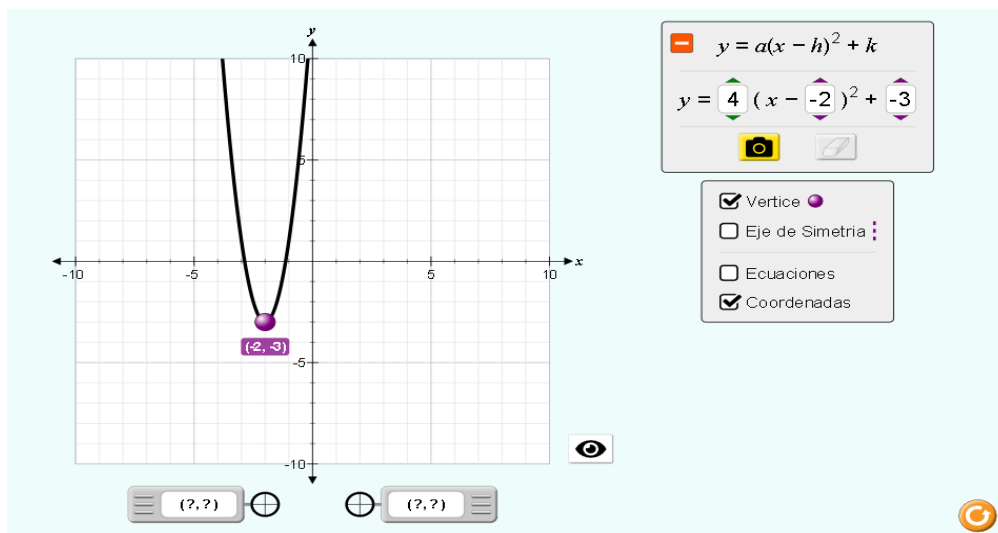
Objetivo: Reconocer los ceros de la función cuadrática como la solución de la ecuación de segundo grado con una incógnita.

Método: Trabajo colaborativo utilizando PhET Simulation, aprendizaje basado en problemas.

Base orientadora de la actividad: Después de la explicación del tema por parte del docente (páginas 116 y 117 del libro), se distribuyeron grupos de tres estudiantes por cada computadora del laboratorio. Cada grupo debe realizar las actividades 3,5 y 7 de la página 119 utilizando PhET Simulation; se sugiere hacer variaciones en los parámetros a, h y k de la expresión: $y = a(x - h)^2 + k$. Con el conocimiento adquirido se debe realizar la actividad 8 de la página. 119, el cual es un problema de aplicación real. El tiempo propuesto para la actividad es de 45 minutos. Finalmente, se realiza la comparación de los resultados con otros grupos, se evidenció el trabajo realizado mediante la presentación de un archivo Word con la captura de pantalla respectiva de cada problema.

Figura 4

Gráfica de la función cuadrática $y = a(x - h)^2 + k$



[Fuente. Graficando Cuadráticas \(colorado.edu\)](http://colorado.edu)

Tarea 3 TC:

Objetivo: Resolver (con apoyo de las TIC) y plantear problemas con enunciados que involucren modelos con funciones cuadráticas, e interpretar y juzgar la validez de las soluciones obtenidas dentro del contexto del problema.

Método: Trabajo colaborativo, aprendizaje basado en problemas.

Base orientadora de la actividad: Con la guía del docente y luego de leer las páginas 122-128 del libro de texto, se formaron grupos de tres estudiantes. Se propone realizar las actividades 8,9 y 10 de la página 129; con el conocimiento adquirido se sugiere realizar las actividades 7 y 8 (página 131), donde se plantean problemas de aplicaciones reales. El tiempo propuesto para la actividad es de 45 minutos. Al final de la actividad, los participantes deben realizar la comparación de los resultados con otros grupos.

Tarea 3 TE:

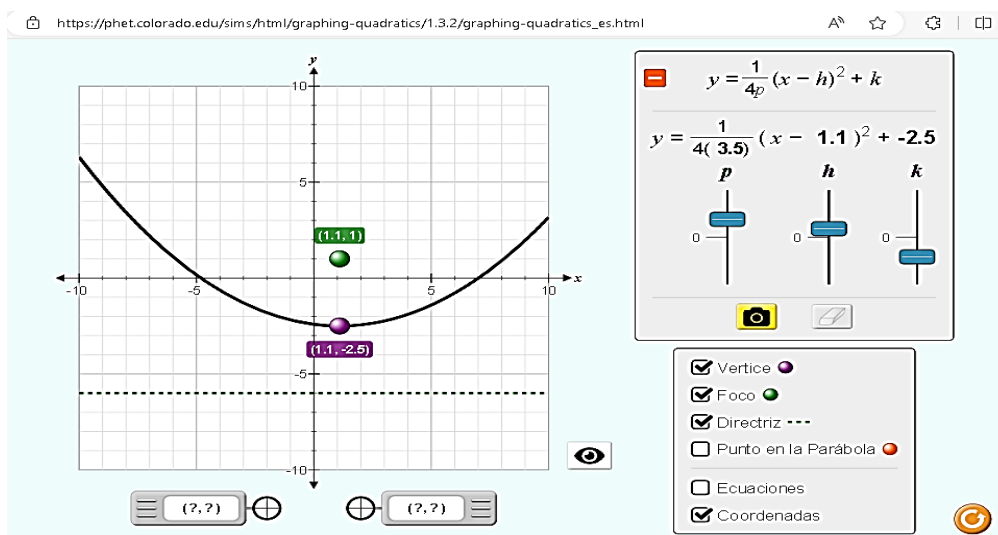
Objetivo: Resolver (con apoyo de las TIC) y plantear problemas con enunciados que involucren modelos con funciones cuadráticas, e interpretar y juzgar la validez de las soluciones obtenidas dentro del contexto del problema.

Método: Trabajo colaborativo utilizando PhET Simulation, aprendizaje basado en problemas.

Base orientadora de la actividad: Después de la explicación del tema por parte del docente (páginas 122-128 del libro), se dividen grupos de tres estudiantes por cada computadora del laboratorio. Cada grupo debe realizar las actividades 7,8 y 9 de la página 129 utilizando Phet simulation; se sugiere hacer variaciones en los parámetros p, h y k de la expresión: $y = 1/4p (x - h)^2 + k$. Se deben realizar las actividades 7 y 8 de la página. 131, que son problemas de aplicaciones reales. El tiempo propuesto para la actividad es de 45 minutos. Por último, se realiza la comparación de los resultados con otros grupos, se evidenció el trabajo realizado mediante la presentación de un archivo Word con la captura de pantalla respectiva de cada problema.

Figura 5

Gráfica de la función cuadrática $y = 1/4p (x - h)^2 + k$



Fuente. [Graficando Cuadráticas \(colorado.edu\)](https://phet.colorado.edu/sims/html/graphing-quadratics/1.3.2/graphing-quadratics_es.html)

Análisis de Resultados

Durante el periodo de intervención, el GC recibió clases tradicionales sobre funciones cuadráticas, que incluyeron explicaciones teóricas, ejemplos resueltos en pizarrón y ejercicios para resolver individualmente. Por otro lado, el GE utilizó la simulación PhET para explorar las funciones cuadráticas. Se proporcionaron actividades estructuradas que guiaban a los estudiantes a través de la simulación, permitiéndoles manipular los coeficientes de las funciones, observar cómo afectan a la forma de la gráfica y realizar experimentos virtuales para comprender mejor los conceptos.

Tabla 1

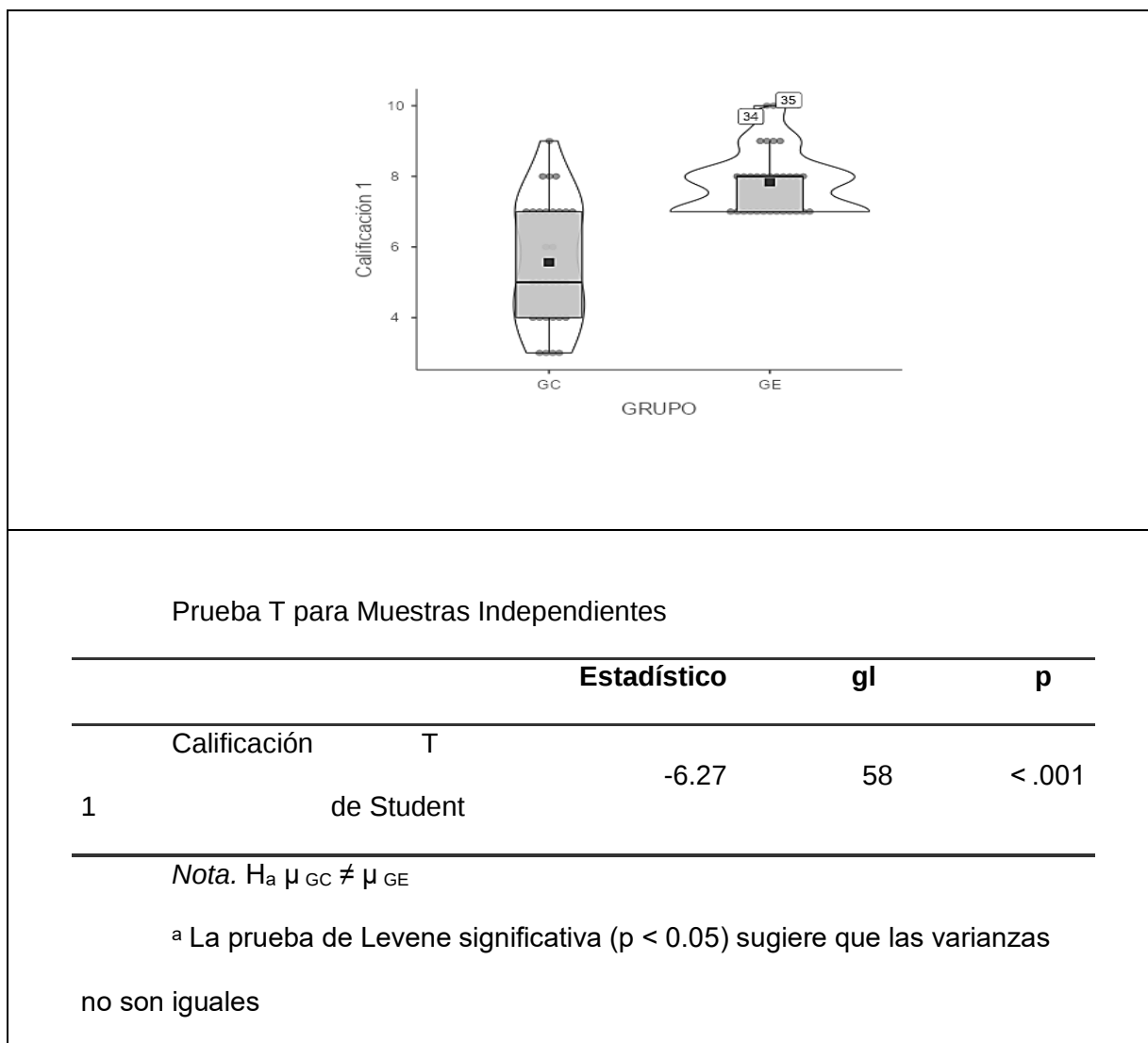
Análisis descriptivo entre GC y GE, relacionado a la actividad 1

N=60; $n_{GC} = 30$; $n_{GE} = 30$							
	GRUPO	Media	Mediana	Moda	DE	Mínimo	Máximo
Calificación	GC	5.57	5.00	7.00	1.76	3.00	9.00
1	GE	7.83	8.00	7.00	0.91	7.00	10.00

Nota. La tabla presenta los datos de la estadística descriptiva de la calificación entre el grupo de control y el grupo experimental. **Fuente.** Base de datos. Elaboración propia

Figura 6

Comparación de resultados entre métodos tradicionales y Simulación PhET de la actividad 1



Nota. En la figura se observa las gráficas de cajas, violín y bigotes relacionadas a la calificación 1 entre el grupo GC y GE. Además, muestra la prueba t-Student para muestras independientes. **Fuente.** Base de datos. Elaboración propia

La tabla 1 y figura 6 compara calificaciones de dos grupos, el Grupo de Control (GC) y el Grupo Experimental (GE), cada uno con 30 participantes. El GE tiene una media de 7.83 y una mediana de 8.00, significativamente mayores que la media de 5.57 y la mediana de 5.00 del GC, lo que sugiere mejores resultados. La moda es 7.00 para ambos grupos, pero la desviación estándar es menor en el GE (0.91) que en el GC (1.76), indicando menor variabilidad en las calificaciones del GE. Los rangos de calificaciones son 3.00-9.00 para el GC y 7.00-10.00 para el GE, mostrando calificaciones más altas y consistentes en el GE.

La prueba T para muestras independientes presenta un estadístico T de -6.27 con 58 grados de libertad (gl). Esto se utiliza para comparar las medias de las calificaciones entre el Grupo de Control (GC) y el Grupo Experimental (GE). La hipótesis alternativa (H_a) establece que las medias de las dos muestras no son iguales ($\mu_{GC} \neq \mu_{GE}$). Además, la prueba de Levene resultó significativa ($p < 0.05$), indicando que las varianzas de las dos muestras no son iguales, lo que sugiere que se utilizó una versión de la prueba T que no asume varianzas iguales. Con un nivel de significancia alfa del 5% (0.05), el resultado de la prueba T es altamente significativo, lo que respalda la hipótesis de que las medias de las calificaciones entre los dos grupos son significativamente diferentes.

En una investigación similar Zarco & Lloréns (2022) mencionan que el “aprender diversas estrategias para resolver un problema aumenta la riqueza para argumentar y tener gusto por encontrar una forma de resolución original y elegante” (p.14). Con ello, los estudiantes pueden interpretar y elegir el procedimiento adecuado para la resolver un problema, además las actividades que se desarrollan con el uso de la tecnología pueden servir para disminuir la cantidad de errores que se pueden cometer de manera tradicional. En palabras de Lino et al. (2023) las simulaciones PhET ofrecen beneficios educativos significativos, debido a que permiten recopilar datos en tiempo real, los estudiantes reciben retroalimentación del contenido estudiado de manera inmediata y esto les proporciona una comprensión más profunda del tema.

Tabla 2

Análisis descriptivo entre GC y GE relacionado a la actividad 2

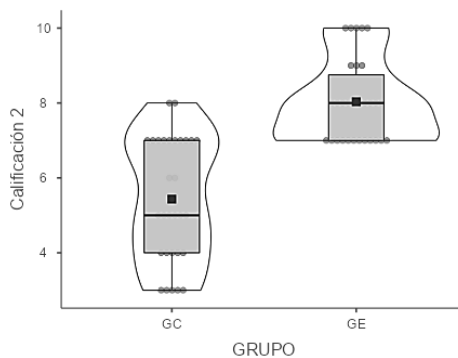
$N=60; n_{GC} = 30; n_{GE} = 30$

	GRUPO	Media	Mediana	Moda	DE	Mínimo	Máximo
Calificación	GC	5.43	5.00	7.00	1.5	3.00	8.00
2	GE	8.03	8.00	7.00	1.10	7.00	10.00

Nota. La tabla muestra los datos estadísticos descriptivos de las calificaciones del grupo de control y del grupo experimental. **Fuente.** Base de datos. Elaboración propia

Figura 7

Comparación de resultados entre métodos tradicionales y Simulación PhET de la actividad 2



Prueba T para Muestras Independientes

Estadístico	gl	p

Calificación	T de	-7.17	58	< .001
2	Student			
Nota. $H_a: \mu_{GC} \neq \mu_{GE}$				
^a La prueba de Levene significativa ($p < 0.05$) sugiere que las varianzas no son iguales				

Fuente. Base de datos. Elaboración propia

En la Tabla 2 y figura 7 se realizó una prueba T para muestras independientes comparando las calificaciones entre el grupo de control (GC) y el grupo experimental (GE). El estadístico t obtenido fue -7.17 con 58 grados de libertad (gl), y un valor p menor a .001, indicando una diferencia significativa entre las medias de los dos grupos ($H_a: \mu_{GC} \neq \mu_{GE}$). Además, la prueba de Levene fue significativa ($p < 0.05$), sugiriendo que las varianzas no son iguales entre los grupos. El análisis de las calificaciones de los grupos de control (GC) y experimental (GE) muestra que el grupo experimental (GE) obtuvo una media significativamente mayor (8.03) comparada con el grupo de control (GC) (5.43), con una mediana de 8.00 frente a 5.00. Aunque ambos grupos tienen la misma moda (7.00), la desviación estándar es menor en GE (1.10) que en GC (1.65), indicando menor dispersión en las calificaciones del GE. Además, las calificaciones en GE varían entre 7.00 y 10.00, mientras que en GC oscilan entre 3.00 y 8.00, sugiriendo que GE obtuvo resultados superiores y más consistentes.

De manera similar en su trabajo Díaz (2018), considera que “La aplicación del simulador Phet permitió un aprendizaje activo, participativo, característico, acrecentando el nivel de participación del estudiante, cumplimiento de tareas y actividades y el interés por el tema de estudio” (p.30). La naturaleza visual y práctica con la que cuentan los simuladores PhET aumenta el interés de los estudiantes en los temas de ciencias y matemáticas. Según Intriago et al. (2023),

el incorporar recursos educativos tecnológicos interactivos en las clases permite que los estudiantes luego de resolver los ejercicios de manera manual contrasten sus resultados con el uso de la tecnología. Con ello se promueve la experimentación, la confirmación de resultados, el descubrimiento de patrones matemáticos existentes y la abstracción geométrica, enriqueciendo así su proceso de aprendizaje.

Tabla 3

Análisis descriptivo entre GC y GE relacionado a la actividad 3

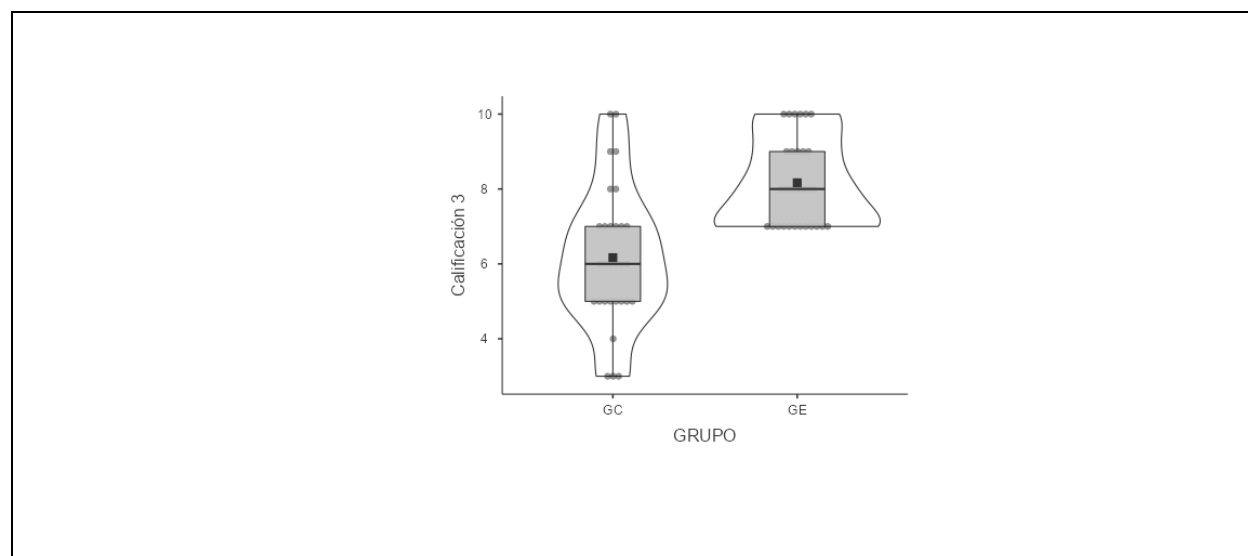
$N=60; n_{GC} = 30; n_{GE} = 30$

	GRUPO	Media	Mediana	Moda	DE	Mínimo	Máximo
Calificación	GC	6.17	6.00	5.00	1.88	3.00	10.00
3	GE	8.17	8.00	7.00	1.18	7.00	10.00

Nota. La tabla presenta las estadísticas descriptivas de las calificaciones tanto del grupo de control como del grupo experimental. **Fuente.** Base de datos. Elaboración propia

Figura 8

Comparación de resultados entre métodos tradicionales y Simulación PhET de la actividad 3



Prueba T para Muestras Independientes				
		Estadístico	gl	p
Calificación	T de	-7.17	58	< .001
3	Student			
Nota. $H_a \mu_{GC} \neq \mu_{GE}$				
^a La prueba de Levene significativa ($p < 0.05$) sugiere que las varianzas no son iguales				

Fuente. Base de datos. Elaboración propia

En la Tabla 3 y figura 8 se muestran las Calificaciones 3, donde el grupo experimental (GE) mostró una media de 8.17 y una mediana de 8.00, superiores a las del grupo de control (GC), que tuvo una media de 6.17 y una mediana de 6.00. Además, las calificaciones en GE fueron menos dispersas ($DE=1.18$) comparado con GC ($DE=1.88$).

Se realizó una prueba T para muestras independientes comparando las calificaciones de "Calificación 3" entre el grupo de control (GC) y el grupo experimental (GE). El estadístico t fue -

7.17 con 58 grados de libertad, y el valor p fue menor a .001, indicando una diferencia significativa entre las medias de los dos grupos ($H_a: \mu_{GC} \neq \mu_{GE}$). La prueba de Levene fue significativa ($p < 0.05$), sugiriendo desigualdad en las varianzas entre los grupos.

Para Rodríguez & Urrutia (2017), uno de los objetivos que se pretende cumplir en el nivel medio es mejorar los niveles de comprensión en el aprendizaje de las ecuaciones en general, y de las ecuaciones cuadráticas en particular. Esto con el fin de que los estudiantes adquieran habilidades en el manejo de herramientas matemáticas, lo que les permitirá prepararse de una mejor manera en cursos posteriores de matemáticas avanzadas. Guanotuña et al. (2023), en su investigación concluye que la enseñanza con el simulador Phet “aporta significativamente en la comprensión del tema y en la contextualización, es útil en distintos momentos de la clase y sirve para crear experiencias de aprendizaje, generar conceptos, así como para evaluar durante el proceso” (p.111).

Conclusiones

Se concluye que la simulación PhET es más efectiva en comparación con los enfoques tradicionales en términos de aprendizaje y retención de conceptos. Los estudios y experiencias educativas han demostrado que el uso de simulaciones interactivas, como las proporcionadas por este simulador, facilita una comprensión más profunda y duradera de los conceptos científicos y matemáticos. Las simulaciones permiten a los estudiantes visualizar y manipular variables de forma dinámica, lo que promueve una mayor participación y motivación en el proceso de aprendizaje. Además, la capacidad de experimentar con diferentes escenarios y recibir retroalimentación inmediata fortalece el conocimiento adquirido. Por lo tanto, integrar simulaciones PhET en el currículo educativo mejora de forma categórica los resultados de aprendizaje y la retención a largo plazo en comparación con los métodos de enseñanza tradicionales.

Referencias bibliográficas

- Altamirano, D., & Mera, F. (2023). Estrategias didácticas para generar situaciones de aprendizaje significativo en matemáticas utilizando herramientas digitales. *Dominio de Las Ciencias*, 9(1), 168–185. <https://doi.org/10.23857/dc.v9i1>
- Anato, P. (2022). GeoGebra y su incidencia en la enseñanza de la función cuadrática. *Delectus - Revista Científica INICC PERÜ*, 5(1), 1–19.
- Ávila, D. (2024). Experiencias Uso del simulador virtual PhET como herramienta. *Revista Mexicana de Bachillerato a Distancia*, 31(16), 1–4.
- Campos, M., & Vivas, K. (2022). *Uso de simuladores PhET para el aprendizaje de las funciones cuadráticas en estudiantes de undécimo grado*. Universidad de Santander.
- Chen, C. H., Law, V., & Chen, W. Y. (2018). The effects of peer competition-based science learning game on secondary students' performance, achievement goals, and perceived ability. *Interactive Learning Environments*, 26(2), 235–244. <https://doi.org/10.1080/10494820.2017.1300776>
- Collantes-Lucas, M., & Aroca-Fárez, A. (2024). Aprendizaje lúdico en la era digital apoyado por las TIC en niños de 4 a 5 años. *MQRInvestigar*, 8(2), 596–620. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.2.2024.596-620>
- Díaz, J. E. (2018). Aprendizaje de las Matemáticas con el uso de Simulación. *Sophia*, 14(1), 22–30. <https://doi.org/10.18634/sophiaj.14v.1i.519>
- García, J., Hernández, M. E., & Rivera, M. I. (2022). Conexiones matemáticas promovidas en los planes y programas de estudio mexicanos de nivel secundaria y media superior sobre el concepto de ecuación cuadrática. *IE Revista de Investigación Educativa de La REDIECH*, 13, 1–20. https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v13i0.1485
- Guamán, V., & Espinoza, E. (2022). Aprendizaje basado en problemas para el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(2), 124–131.
- Guanotuña, G., Heredia, L., Lara, L., & Gracia, I. (2023). Simulador PHET, una herramienta de gamificación para el aprendizaje de las matemáticas. *Revista Social Fronteriza*, 3(1), 97–113. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7552868>
- Gutiérrez, Á., & Jaime, A. (2021). Desafíos actuales para la Didáctica de las Matemáticas. *Revista Innovaciones Educativas*, 23(34), 198–203. <https://doi.org/10.22458/ie.v23i34.3515>
-

- Guzmán, J. (2020). La didáctica de las matemáticas: Un vistazo con futuros docentes. *Revista Electrónica de Conocimientos, Saberes y Prácticas*, 3(1), 11–18. <https://doi.org/10.5377/recsp.v3i1.9788>
- Intriago, Y., Vergara, J., & López, R. (2023). Uso de los recursos didácticos , desde la analítica de aprendizaje en las transformaciones de la enseñanza de las matemáticas en la geometría. *Juornal Scientific MQR Investigar*, 7(3), 2278–2296. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.3.2023.2278-2296>
- Lino-Calle, V., Barberán-Delgado, J., Lopez-Fernández, R., & Gómez-Rodríguez, V. (2023). Analítica del aprendizaje sustentada en el Phet Simulations como medio de enseñanza en la asignatura de Física. *Journal Scientific MQRInvestigar*, 7(3), 2297–2322. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.3.2023.2297-2322>
- Lino, V., Carvajal, D., Muñoz, J., & Intriago, Y. (2024). Jamovi como herramienta para el análisis de datos en la asignatura de estadística y diseño de experimentos. *Revista Alcance*, 7(1), 73–83. <https://doi.org/10.47230/ra.v7i1.62>
- Medina, M., Pin, J., Chinga, R., & Lino, V. (2024). Wordwall como herramienta de apoyo en el refuerzo pedagógico de Ciencias Naturales. *Polo Del Conocimiento*, 9(3), 1118–1136. <https://bit.ly/4bv9fR4>
- Mera, J. R., & López, W. O. (2023). Simuladores PHET: una herramienta didáctica para el mejoramiento del rendimiento académico de estudiantes en Energía Mecánica. *MQRInvestigar*, 7(4), 112–130. <https://doi.org/10.56048/mqr20225.7.4.2023.112-130>
- Morán, M., & Barberi, O. (2024). Evaluación de las experiencias educativas a través de entornos virtuales en el Subnivel Preparatoria. *MQRInvestigar*, 8(2), 1200–1227. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.2.2024.1200-1227>
- Muñoz, J. (2023). *GeoGebra como herramienta para el aprendizaje de funciones cuadráticas en el décimo año de Educación Básica Superior* [Universidad Nacional de Educación]. <https://acortar.link/mrt4vd>
- Padilla, L., & Flóres, E. (2022). El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en la educación matemática en Colombia. Avances de una revisión documental. *Revista Boletín Redipe*, 11(2), 318–328.
- Pico, M., Lopez, J., Navarrete, E., Bucheli, C., & Chávez, A. (2024). Herramientas y metodologías
-

para procesos de enseñanza y aprendizaje que implementan tecnologías. *Dominio de La Ciencias*, 10(2), 1103–1117. <https://doi.org/10.23857/dc.v10i2.3849>

Quintana, C., Díaz, F., & León, C. (2024). El movimiento de proyectiles desde un contexto de significación. *Revista Boletín REDIPE* 13, 13(4), 143–158. <https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/2116/2109>

Ramos, M., Baquerizo, G., & Carrión, A. (2017). *Fundamentos de Matemáticas para bachillerato I* (Tercera Ed). Escuela Superior Politécnica del Litoral - TASKI S.A.

Rodríguez, M., & Urrutia, I. (2017). Resolución de ecuaciones de segundo grado a partir de una experiencia basada en la implementación de secuencias didácticas. *Ciencias Matemáticas*, 32(1), 37–43.

Zarco García, A. M., & Lloréns Payá, A. (2022). Enseñanza de la Ecuación de Segundo Grado en un marco competencial. Enfoque didáctico y estudio exploratorio. *Revista Internacional de Humanidades*, 14(6), 1–15. <https://doi.org/10.37467/revhuman.v11.4186>

Zerna, A., & Vergara, J. (2024). Diseño de una propuesta didáctica innovadora para la enseñanza y el aprendizaje de conjuntos. *MQR Investigar*, 8(1), 6028–6047. <https://doi.org/https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.1.2024.6028-6047>
