

03

IMPACTO

DEL USO DE GEOGEBRA EN LA ENSEÑANZA DE FUNCIONES CUADRÁTICAS EN PRIMER AÑO DE BACHILLERATO



IMPACTO

DEL USO DE GEOGEBRA EN LA ENSEÑANZA DE FUNCIONES CUADRÁTICAS EN PRIMER AÑO DE BACHILLERATO

IMPACT OF GEOGEBRA USE IN TEACHING QUADRATIC FUNCTIONS IN THE FIRST YEAR OF HIGH SCHOOL

Lisbeth Claudia Alejandro-Rueda¹

E-mail: lisbeth.alejandro.11@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1880-832X>

Jorge Luis Lucas-Santana²

E-mail: jllucass@ube.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0695-4744>

Alina Rodríguez-Morales³

E-mail: alinarodriguezm@ug.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3714-2638>

Graciela Abad-Peña²

E-mail: gabadp@ube.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3684-7233>

¹ Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego. Ecuador.

² Universidad Bolivariana del Ecuador. Ecuador.

³ Universidad de Guayaquil. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Alejandro-Rueda, L. C., Lucas-Santana, J. L., Rodríguez-Morales, A., & Abad-Peña, G. (2026). Impacto del uso de GeoGebra en la enseñanza de funciones cuadráticas en primer año de bachillerato. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 9(4), 24-36.

Fecha de presentación: 16/05/2026

Fecha de aceptación: 02/06/2026

Fecha de publicación: 01/07/2026

RESUMEN

La función cuadrática es esencial para el estudio de situaciones cotidianas; su aplicación está presente en trayectorias, costos, movimientos parabólicos, entre otros. Sin embargo, su enseñanza ha presentado un desafío en el bachillerato al mantener representaciones estáticas de pizarrón que impiden la visualización dinámica de la parábola y su conexión con otros registros. El objetivo de la investigación fue determinar el impacto de la implementación de una estrategia didáctica basada en GeoGebra como recurso digital para la enseñanza de funciones cuadráticas en primer año de bachillerato de la "Unidad Educativa Arnaldo Calderón Coello". Este estudio tuvo un enfoque mixto, basado en un diseño cuasi experimental con alcance explicativo. Los instrumentos fueron: cuestionarios de Pre-test y Post-test (validado con KR-20), encuesta de satisfacción (validado con Alfa de Cronbach) y entrevista docente. La muestra fue de 27 estudiantes, 13 para el grupo control sometidos a una enseñanza tradicional y 14 para el grupo experimental donde se realizó la intervención. La propuesta de estrategia didáctica: modelación matemática con GeoGebra se fundamentó en las teorías de Piaget, Vygotsky, Duval y Ausubel; tras su implementación se demostró que los estudiantes del grupo experimental tuvieron una diferencia significativa en comparación al grupo control. Concluyendo que, GeoGebra es un recurso interactivo

que permite la exploración y comprensión de los parámetros y propiedades de la función cuadrática, siendo beneficioso para la enseñanza y el aprendizaje.

Palabras clave:

GeoGebra, enseñanza, aprendizaje, modelación, función cuadrática.

ABSTRACT

Quadratic functions are essential for understanding everyday situations; their application is found in trajectories, costs, parabolic motion, and more. However, teaching them has presented a challenge in high school due to the prevalence of static blackboard representations that hinder the dynamic visualization of the parabola and its connection to other representations. The objective of this research was to determine the impact of implementing a teaching strategy based on GeoGebra as a digital resource for teaching quadratic functions in the first year of high school at the "Arnaldo Calderón Coello Educational Unit." This study employed a mixed-methods approach, based on a quasi-experimental design with an explanatory scope. The instruments used were pre-test and post-test questionnaires (validated with KR-20), a satisfaction survey (validated with Cronbach's alpha), and a teacher interview. The sample consisted of 27 students: 13 in the control group, who received traditional

instruction, and 14 in the experimental group, where the intervention was implemented. The proposed teaching strategy mathematical modeling with GeoGebra—was based on the theories of Piaget, Vygotsky, Duval, and Ausubel. After its implementation, it was demonstrated that students in the experimental group showed a significant difference compared to the control group. In conclusion, GeoGebra is an interactive resource that allows for the exploration and understanding of the parameters and properties of quadratic functions, proving beneficial for teaching and learning.

Keywords:

GeoGebra, teaching, learning, modeling, quadratic function.

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las funciones cuadráticas constituye uno de los contenidos esenciales dentro del currículo de Matemáticas del Bachillerato, debido a su relevancia en la comprensión de fenómenos científicos, tecnológicos y cotidianos. Estas funciones permiten modelar situaciones relacionadas con trayectorias, movimientos parabólicos, costos, estructuras arquitectónicas y procesos físicos, convirtiéndose en herramientas fundamentales para el desarrollo del pensamiento lógico, analítico y variacional de los estudiantes. En el ámbito de la ingeniería, por ejemplo, las funciones cuadráticas son utilizadas en el diseño de antenas, reflectores y puentes parabólicos, tal como destacan Wei & Yew (2024). Por esta razón, su enseñanza resulta indispensable para fortalecer habilidades matemáticas relacionadas con la modelización y la resolución de problemas contextualizados.

A pesar de su importancia, diversos estudios internacionales evidencian que la comprensión de las funciones cuadráticas continúa representando una dificultad significativa para los estudiantes. Reid O'Connor & Norton (2024), en el contexto australiano, señalan que muchos alumnos presentan problemas para relacionar la representación algebraica de la función con su representación gráfica y con situaciones reales, debido a debilidades en conocimientos previos de álgebra, interpretación de gráficas y manejo de variables. Esta dificultad limita la construcción de aprendizajes matemáticos profundos y afecta negativamente el rendimiento académico y la capacidad de aplicar los contenidos en contextos prácticos.

En América Latina, la problemática se mantiene vigente en diversos sistemas educativos. La enseñanza de las funciones cuadráticas continúa desarrollándose bajo enfoques tradicionales centrados en la memorización de fórmulas y algoritmos, donde el estudiante se limita a sustituir valores sin comprender el significado matemático de los procedimientos. Esta metodología genera una desconexión entre la representación algebraica y gráfica de la función, dificultando la comprensión de la parábola como objeto matemático dinámico. De manera similar,

Hernández-Yañez et al. (2023), en México, identifican que las dificultades de aprendizaje se relacionan con debilidades en el razonamiento abstracto, la interpretación gráfica y el manejo de ecuaciones lineales, afectando la comprensión conceptual y la motivación estudiantil.

En el contexto ecuatoriano, Endara Crespata et al. (2022) señalan que los docentes enfrentan dificultades asociadas a la limitada comprensión previa de los estudiantes y al reducido tiempo curricular destinado al desarrollo de contenidos matemáticos complejos. Los estudiantes presentan problemas para comprender la relación entre la ecuación cuadrática y la representación gráfica de la parábola, debido al carácter abstracto de estos contenidos. Asimismo, Sornoza & Artiaga (2022) identifican que en el Bachillerato persiste el uso predominante del pizarrón como principal herramienta didáctica, acompañado del escaso aprovechamiento de recursos tecnológicos y materiales interactivos. Este escenario evidencia la necesidad de incorporar metodologías innovadoras que favorezcan procesos de aprendizaje más dinámicos, visuales y significativos (Davila et al., 2024).

Frente a esta problemática, la incorporación de herramientas digitales interactivas como GeoGebra representa una alternativa pedagógica eficaz para fortalecer la enseñanza y aprendizaje de las funciones cuadráticas. Sebsibe & Abdella (2025) sostienen que el aprendizaje matemático mejora significativamente cuando se promueven experiencias visuales e interactivas mediante recursos tecnológicos, ya que permiten manipular dinámicamente gráficos y observar el comportamiento de las variables y coeficientes de la función. GeoGebra facilita la exploración simultánea de representaciones algebraicas, gráficas y numéricas, promoviendo una comprensión conceptual más profunda y superando las limitaciones estáticas de la enseñanza tradicional.

Carrión et al. (2025) evidencian que el uso de GeoGebra incrementa la motivación estudiantil y mejora significativamente la comprensión conceptual de las funciones cuadráticas en estudiantes de primer año de Bachillerato. Del mismo modo, Carapás et al. (2025) destacan que este software constituye un recurso digital accesible y dinámico que permite modificar, experimentar y analizar objetos matemáticos mediante la interacción directa con gráficos y parámetros algebraicos. En correspondencia con ello, Huamán (2025) considera que GeoGebra representa un recurso pedagógico transformador capaz de fortalecer dimensiones cognitivas, metodológicas y actitudinales dentro del aprendizaje matemático.

El fundamento teórico de esta investigación se sustenta en las concepciones constructivistas de Ausubel (2002); Piaget (1972); y Vygotsky (1978) quienes consideran que el aprendizaje se desarrolla mediante la interacción activa del estudiante con el entorno y la construcción progresiva del conocimiento. Desde esta perspectiva, GeoGebra favorece procesos de exploración, experimentación y

descubrimiento guiado, permitiendo que el estudiante construya significados matemáticos a partir de la manipulación dinámica de objetos y representaciones. Asimismo, la teoría de la visualización matemática de Duval (2017) sostiene que el aprendizaje de las Matemáticas requiere la articulación de distintos registros de representación, como el gráfico, algebraico y numérico, aspecto que GeoGebra potencia al mostrar simultáneamente las transformaciones de la función cuadrática.

Además, diversos estudios destacan que GeoGebra favorece el aprendizaje por descubrimiento, el razonamiento lógico y el pensamiento variacional mediante el uso de deslizadores y simulaciones dinámicas. Jiménez & Jiménez (2017) afirman que esta herramienta transforma conceptos abstractos en experiencias visuales concretas, mientras que Carrión et al. (2025) sostienen que incrementa la motivación, el interés y el aprendizaje autónomo de los estudiantes. En consecuencia, GeoGebra no solo funciona como una herramienta tecnológica de apoyo, sino como un entorno didáctico integral que fortalece la comprensión matemática y el desarrollo de competencias digitales.

En correspondencia con el Currículo Nacional de Matemáticas del Ecuador, el concepto de función constituye uno de los pilares fundamentales para el desarrollo de competencias matemáticas orientadas a la modelización y resolución de problemas en diferentes contextos (Ecuador. Ministerio de Educación, 2019). Asimismo, el currículo priorizado reconoce el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación como un eje transversal indispensable para fortalecer procesos de aprendizaje significativo y alfabetización digital (Ecuador. Ministerio de Educación, 2021).

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo analizar el impacto del uso de GeoGebra como recurso digital para la enseñanza de funciones cuadráticas en estudiantes de primer año de bachillerato, con el propósito de fortalecer la comprensión conceptual, la interpretación gráfica y el aprendizaje significativo de este contenido matemático.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, integrando métodos cuantitativos y cualitativos con el propósito de obtener una comprensión amplia y profunda sobre el impacto del uso de GeoGebra como recurso digital en la enseñanza de las funciones cuadráticas. El estudio tuvo un alcance explicativo, ya que buscó establecer relaciones de causa y efecto entre las variables de investigación, específicamente entre la implementación de GeoGebra y el fortalecimiento del aprendizaje de las funciones cuadráticas en estudiantes de primer año de bachillerato. En este sentido, se adoptó un diseño cuasiexperimental sustentado en la aplicación de un pre-test

y un post-test tanto en un grupo control como en un grupo experimental.

El grupo control recibió una enseñanza tradicional basada en métodos convencionales, mientras que el grupo experimental participó en una intervención didáctica mediada por GeoGebra. Esta estructura metodológica permitió comparar los resultados obtenidos antes y después de la intervención pedagógica, con el fin de determinar la incidencia del recurso digital en la comprensión conceptual y gráfica de las funciones cuadráticas.

La investigación tuvo un carácter transversal y se desarrolló durante enero de 2026 en la Unidad Educativa "Arnaldo Calderón Coello", ubicada en Tosagua, provincia de Manabí, Ecuador. La institución fue seleccionada debido a que dispone de condiciones tecnológicas adecuadas para la implementación de recursos digitales, entre ellas sala de cómputo, acceso a internet, proyectores y dispositivos móviles. No obstante, se identificó como problemática principal la dificultad que presentaban los estudiantes para interpretar las propiedades y representaciones de la función cuadrática.

La población estuvo conformada por 27 estudiantes de primero de Bachillerato General Unificado. Debido a que se trató de una población pequeña y finita, se utilizó un muestreo censal, tomando como muestra la totalidad de los estudiantes, en concordancia con lo planteado por Nanjundeswaraswamy & Divakar (2021). Para la conformación de los grupos se realizó una distribución equilibrada basada en los resultados obtenidos en el pre-test, quedando integrado el grupo control por 13 estudiantes y el grupo experimental por 14 estudiantes.

En relación con los instrumentos de investigación, se diseñó un cuestionario compuesto por 10 preguntas dicotómicas orientadas a evaluar la dimensión cognitiva relacionada con las funciones cuadráticas. Cada ítem fue valorado mediante una escala de respuestas correctas e incorrectas (1 = correcto; 0 = incorrecto). La confiabilidad del instrumento se determinó mediante el coeficiente Kuder-Richardson (KR-20), obteniéndose un valor de 0.716, considerado aceptable según los criterios de Sánchez y Méndez (2025). Este nivel de consistencia interna permitió validar la aplicación del pre-test y post-test dentro del diseño cuasiexperimental.

Asimismo, se aplicó una encuesta de satisfacción mediante Google Forms con el propósito de conocer la percepción de los estudiantes sobre el uso de GeoGebra durante la intervención didáctica. Para ello, se utilizó una escala tipo Likert de cinco niveles: 5 = Totalmente de acuerdo, 4 = De acuerdo, 3 = Neutral, 2 = En desacuerdo y 1 = Totalmente en desacuerdo, siguiendo la propuesta metodológica de Machuca et al. (2023). La confiabilidad de este instrumento fue evaluada mediante el coeficiente Alfa de Cronbach utilizando el software SPSS, obteniéndose un valor de 0.884, indicador de una adecuada

consistencia interna para analizar la percepción estudiantil respecto al impacto de GeoGebra en el aprendizaje de las funciones cuadráticas (Tuapanta et al., 2017).

Desde la perspectiva cualitativa, se aplicó una entrevista estructurada con cinco preguntas abiertas dirigida al docente participante, con el propósito de conocer su experiencia y percepción sobre la implementación de GeoGebra en la enseñanza de funciones cuadráticas. El instrumento fue validado mediante juicio de expertos y sometido a una prueba piloto en una muestra similar, con el objetivo de garantizar claridad, coherencia y pertinencia metodológica en función de los objetivos de investigación.

Para el análisis de los datos cuantitativos obtenidos en el pre-test y post-test se utilizó la prueba estadística *W* de Wilcoxon para muestras no paramétricas, considerada adecuada para estudios con menos de 29 participantes, tal como señalan Bautista et al. (2020). Esta prueba permitió identificar diferencias significativas entre los resultados previos y posteriores a la intervención didáctica. Por otro lado, los datos obtenidos mediante la encuesta de satisfacción fueron representados mediante diagramas de barras, mientras que la información cualitativa derivada de las entrevistas fue organizada en matrices de análisis interpretativo. Finalmente, se realizó una triangulación de resultados cuantitativos y cualitativos con el propósito de obtener una interpretación integral sobre el impacto de la estrategia didáctica basada en GeoGebra.

Cabe destacar que esta investigación contó con el apoyo de herramientas de inteligencia artificial como NotebookLM y Gemini para la organización de ideas, revisión de fuentes, elaboración de diagramas y mejora de aspectos gramaticales y estructurales del trabajo académico. No obstante, su utilización se realizó bajo criterios éticos y de verificación científica, contrastando la información obtenida con fuentes académicas confiables.

Entre las principales limitaciones del estudio se encuentra el reducido tamaño de la muestra, correspondiente a la totalidad de la población estudiada, lo que limita la generalización de los resultados. Además, la intervención didáctica se desarrolló únicamente en dos sesiones de 45 minutos debido a restricciones institucionales de tiempo, aspecto que pudo influir en los resultados obtenidos en el aprendizaje de los estudiantes.

Finalmente, para el diseño de la estrategia didáctica basada en GeoGebra se consideraron referentes teóricos constructivistas y de visualización matemática propuestos por Ausubel (2002); Piaget (1972); y Vygotsky (1978). A partir de estos fundamentos se estructuraron dos sesiones didácticas de 45 minutos siguiendo la secuencia metodológica ACC: Anticipación, Construcción y Consolidación. En la fase de anticipación, sustentada en Piaget (1972), los estudiantes exploraron libremente GeoGebra para generar conflictos cognitivos y activar

conocimientos previos. En la fase de construcción, fundamentada en Duval (2017); y Vygotsky (1978), se desarrolló la estrategia “Modelación de la función cuadrática con GeoGebra” mediante problemas contextualizados, favoreciendo la articulación de registros algebraicos, gráficos y verbales. Finalmente, en la fase de consolidación, basada en Ausubel (2002), se promovió la integración conceptual de contenidos como vértice, concavidad, raíces, dominio y rango mediante actividades de aplicación y razonamiento matemático.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del diagrama muestran que GeoGebra como recurso digital interactivo y versátil se convierte en un mediador tecnológico (Vygotsky) que permite la experimentación y el ensayo-error (Piaget) para conectar saberes previos con información nueva y generar un aprendizaje verdadero (Ausubel). Además, muestra que, durante la enseñanza de las funciones cuadráticas con GeoGebra, con la creación de deslizadores y manipulación de los coeficientes, se garantiza la representación algebraica, tabular, verbal y gráfica (Duval); permitiendo una comprensión más profunda de conceptos y propiedades de la parábola (Figura 1).

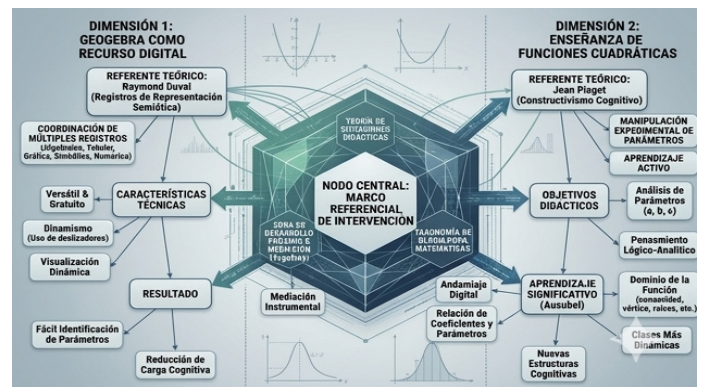


Figura 1. Fundamentación pedagógica y didáctica.

Se aplicó un pre-test orientado a evaluar conocimientos relacionados con la forma de la función cuadrática, su concavidad, eje de simetría, vértice, dominio, rango e interpretación de coeficientes. Asimismo, con el propósito de determinar la existencia de diferencias significativas entre los grupos de estudio antes de la intervención, se formularon las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula (H_0): No existen diferencias significativas entre las medias obtenidas por el grupo control y el grupo experimental en el pre-test.

Hipótesis alternativa (H_1): Existen diferencias significativas entre las medias obtenidas por el grupo control y el grupo experimental en el pre-test.

Los resultados obtenidos evidenciaron que no existen diferencias significativas entre el grupo control y el grupo experimental, lo que demuestra que ambos grupos presentaban condiciones iniciales equivalentes antes de la

intervención didáctica. Esta homogeneidad inicial garantiza la validez del diseño cuasiexperimental y reduce posibles sesgos en la investigación, permitiendo atribuir los resultados obtenidos en el post-test al impacto de la estrategia de enseñanza mediada por GeoGebra y no a ventajas previas entre los grupos participantes (Figura 2).

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre Grupo control pretest y Grupo experimental pretest es igual a 0.	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de muestras relacionadas	,751	Retener la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.


Figura 2. Prueba W de Wilcoxon para muestras relacionadas pre-test.

Se desarrollaron dos sesiones didácticas de 45 minutos cada una, orientadas al análisis, comprensión e interpretación de los parámetros de la función cuadrática mediante el uso del software GeoGebra como recurso digital de aprendizaje. Durante la intervención se diseñaron actividades organizadas de manera secuencial y contextualizada, con el propósito de activar los conocimientos previos de los estudiantes y promover procesos de exploración, visualización, interpretación y razonamiento matemático en la modelación de problemas reales. Asimismo, las actividades permitieron fortalecer la relación entre las representaciones algebraicas y gráficas de la función cuadrática, favoreciendo un aprendizaje dinámico, participativo y significativo. En la Tabla 1 se presenta un ejemplo del desarrollo de la estrategia didáctica implementada (Figura 3).

Sesiones	Objetivo	Metodología	Contenido	Recurso	Evaluación
- Dos -45 min (Cada una)	Enseñar funciones cuadráticas con GeoGebra	Secuencia ACC (Anticipación, Construcción y Consolidación) - Estrategia: Modelación de la función cuadrática.	Definición, estructura, propiedades y parámetros de funciones cuadráticas.	GeoGebra.	Post-test

Figura 3. Esquema del diseño de la estrategia didáctica.

Tabla 1. Sesión 1 de la modelación matemática con GeoGebra.

SESIÓN 1	
Anticipación	<p>Exploración con GeoGebra</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se pide a los estudiantes que, de manera libre creen una función cuadrática en GeoGebra. - Se fomenta el ensayo – error. - El estudiante propone opciones de funciones cuadráticas y muestra su gráfica. - Se verifica y retroalimenta lo realizado por el estudiante. 

Modelación de la función cuadrática con GeoGebra

- Se plantea el problema:

La municipalidad de la ciudad desea instalar una fuente de agua danzante. El chorro de agua debe salir de una boquilla situada en un muro, alcanzar una altura máxima específica y caer exactamente dentro de un estanque receptor. Si la boquilla está fija a 1.2 metros del suelo.

- **Condición A:** El chorro de agua debe pasar por el centro de un aro decorativo situado en la coordenada (2, 3).
- **Condición B:** El chorro debe caer en el estanque que empieza a los 4.5 metros de distancia del muro (es decir, una de las raíces debe ser 4.5).
- ¿Cuál es el valor de la fuerza y dirección inicial del chorro y el de la curvatura de caída?

- Solución con GeoGebra:

Modelo del chorro con una función cuadrática

Función: $f(x) = ax^2 + bx + c$

- Punto inicial (boquilla): (0,1.2)
- Paso de aro: (2, 3)
- Cae en el estanque (4.5, 0)

Coefficientes:

- a : curvatura de caída
- b : fuerza y dirección inicial del chorro.
- c : altura de la boquilla en el muro.



Enlace de la gráfica en GeoGebra: <https://www.geogebra.org/classic/a4hzfzww>

Conceptos abordados

- Forma general cuadrática
- Coeficientes
- Concavidad
- Vértice (Máx./Mín.).

Interpretación gráfica.

- **Curvatura de caída:** $a \approx -0.5$ (Parábola abre hacia abajo)
Indica que el chorro sube, alcanza un máximo y luego cae por efecto de gravedad.
- **Fuerza y dirección inicial:** $b \approx 1.9$
Es ascendente y tiene un impulso suficiente para alcanzar el aro.
- **Altura de boquilla:** $c = 1.2$
Posición fija de la boquilla dada en el problema

Resolución Algebraica mostrada en una presentación

- **Ecuación del paso de aro:** (2, 3)
 $3 = a(2)^2 + b(2) + 1.2$
 $3 = 4a + 2b + 1.2$
 $4a + 2b = 1.8$ (Ecuación 1)
- **Ecuación de caída en el estanque:** (4.5, 0)
 $0 = a(4.5)^2 + b(4.5) + 1.2$
 $0 = 20.25a + 4.5b + 1.2$
 $20.25a + 4.5b = -1.2$ (Ecuación 2)
- **Formar sistema de ecuaciones**
 $4a + 2b = 1.8$
 $20.25a + 4.5b = -1.2$
- **Aplicar método de sustitución**
Despejar b en la Ec. 1 y sustituir en Ec. 2
 $20.25a + 4.5(0.9 - 2a) = -1.2$
- **Encontrar cobertura de caída**
 $20.25a + 4.05 - 9a = -1.2$
 $11.25a + 4.05 = -1.2$
 $11.25a = -5.25$
 $a = -0.4667$
- **Sustituir coeficiente a para hallar b**
 $b = 0.9 - 2(-0.4667)$
 $b = 0.9 + 0.9334$
 $b = 1.8334$

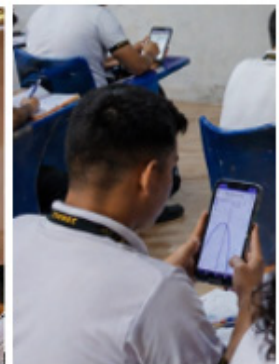
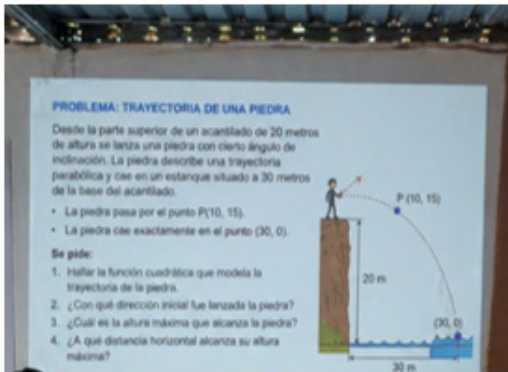
VEREDICTO

Con GeoGebra se efectiviza la explicación del problema y mejora su comprensión, además facilita la explicación de propiedades y conceptos de una parábola.

El estudiante debe responder a estas tres preguntas, demostrando que comprende la causalidad matemática:

- Sobre la Altura de Salida (c):** Explica por qué no fue necesario manipular el deslizador c para que el agua pasara por el muro. ¿Qué representa matemáticamente este parámetro en la función y físicamente en la fuente?
- B. Sobre el Equilibrio de la Curva (a y b):** Si el agua lograba pasar por el muro $(2, 3)$ pero caía fuera del estanque $(x = 4.5)$, ¿qué cambio explicativo tuviste que hacer en los parámetros a y b y por qué? Usa el término **concavidad**
- Sobre el Límite Máximo (Vértice):** Utiliza el comando Extremo(f) para hallar el punto más alto del chorro. ¿Por qué es importante conocer la coordenada y del Vértice Máximo en este problema de diseño?

Aplicación de ejemplo similar con uso de GeoGebra



Para finalizar con la implementación de GeoGebra se realizó un post-test con el grupo experimental y el grupo control.

Hipótesis nula (Ho): No hay diferencia significativa en el post-test entre las medias del grupo de control y experimental.

Hipótesis alternativa (Hi): Si hay diferencia significativa en el post-test entre las medias del grupo de control y experimental.

Los resultados demuestran que la implementación con GeoGebra marcó una diferencia significativa frente a la enseñanza tradicional. A diferencia del método convencional basado en representaciones estáticas en el pizarrón que requieren de mayor tiempo en el dibujo manual y limita la exploración conceptual; la interactividad de GeoGebra permitió que los estudiantes visualizaran de forma dinámica cómo la variación de los coeficientes afecta directamente en la concavidad, el vértice y el desplazamiento de la parábola. Esta manipulación facilitó la comprensión de conceptos complejos como el dominio y el rango, los cuales no mostraron avances significativos en el grupo control. Esto destaca que GeoGebra no es solo un reemplazo del pizarrón, sino un recurso que expande las capacidades cognitivas para el análisis de funciones (Figura 4).

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre Grupo control posttest y Grupo experimental posttest es igual a 0.	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de muestras relacionadas	,049	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Figura 4. W de Wilcoxon para muestras relacionadas post-test.

Cabe mencionar, que el tiempo de intervención reducido a dos sesiones es una limitante que puede presentar variaciones en los resultados, cuyos estudios sea necesario un análisis de mayor duración para estabilizar la varianza y verificar la sostenibilidad del aprendizaje a largo plazo.

Luego de realizar una correlación de las muestras del pre-test y post-test del grupo experimental y se planteó una hipótesis nula y una alternativa para verificar el nivel de diferencia significativa.

Hipótesis nula (Ho): No hay diferencia significativa en el pre-test y post-test de las medias del grupo experimental.

Hipótesis alternativa (Hi): Si hay diferencia significativa en el pre-test y post-test de las medias del grupo experimental.

Los resultados muestran una diferencia significativa en el grupo experimental antes y después de la intervención, lo cual evidencia que la implementación de la estrategia didáctica (Modelación de la función cuadrática con GeoGebra) para la enseñanza fue eficaz, mostrando que el cambio obtenido en el estudiante no fue producto del azar, sino de la mediación con el recurso digital ya que el estudiante en una primera fase de anticipación explora a través de un ensayo – error sus conocimientos previos sobre una parábola y del uso de GeoGebra, para posteriormente en la construcción retroalimentar con la modelación de un problema y vincular su solución con múltiples registros a través de GeoGebra, para finalmente en la consolidación vincularse con la parte interpretativa y de razonamiento matemático referente al significado de la variación de los coeficientes de la función cuadrática; demostrando que este proceso dentro de la enseñanza fue positivo para los estudiantes (Figura 5).

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre Grupo experimental pretest y Grupo experimental posttest es igual a 0.	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de muestras relacionadas	,003	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Figura 5. Prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas.

De igual manera, para evaluar la implementación de la estrategia didáctica, se realizó un test de percepción a estudiantes y una entrevista docente. Para el test se utilizó una encuesta de satisfacción Likert cuyos indicadores constan de: 5 = Totalmente de acuerdo; 4 = De acuerdo; 3 = Neutral; 2 = En desacuerdo y 1 = Totalmente en desacuerdo; y una entrevista abierta de cinco preguntas dirigidas al docente de especialidad con conocimientos en Matemática (Tabla 2 y Figura 6).

Tabla 2. Entrevista docente sobre el uso de GeoGebra.

Pregunta	Respuesta docente
¿Cree que GeoGebra aumenta la motivación en actividades digitales? Justifique su respuesta	Si, y la he utilizado para abordar funciones lineales, a trozos y cuadráticas.
¿Cuál es su percepción sobre la utilidad de GeoGebra para la simulación, identificación de parámetros y propiedades?	Ayuda mucho a que los estudiantes puedan afianzar y consolidar sus conocimientos sobre temas brindados.
¿Cree que al utilizar GeoGebra las clases son más dinámicas? Justifique su respuesta	Sí, los estudiantes muestran mayor interés cuando pueden visualizar lo aprendido en clases en una gráfica donde se puede verificar los resultados.
¿Cómo cree que se aprecia GeoGebra para observar cambios en la gráfica de una función cuadrática?	Verificando que los datos encontrados en el cálculo numérico se puedan verificar en la gráfica de cada una de las funciones.
¿Cree usted que es pertinente utilizar GeoGebra para aprender y transferir a la realidad, por qué?	Si, y es muy importante incorporar esta herramienta en la enseñanza de algunos temas relacionados con funciones en particular.

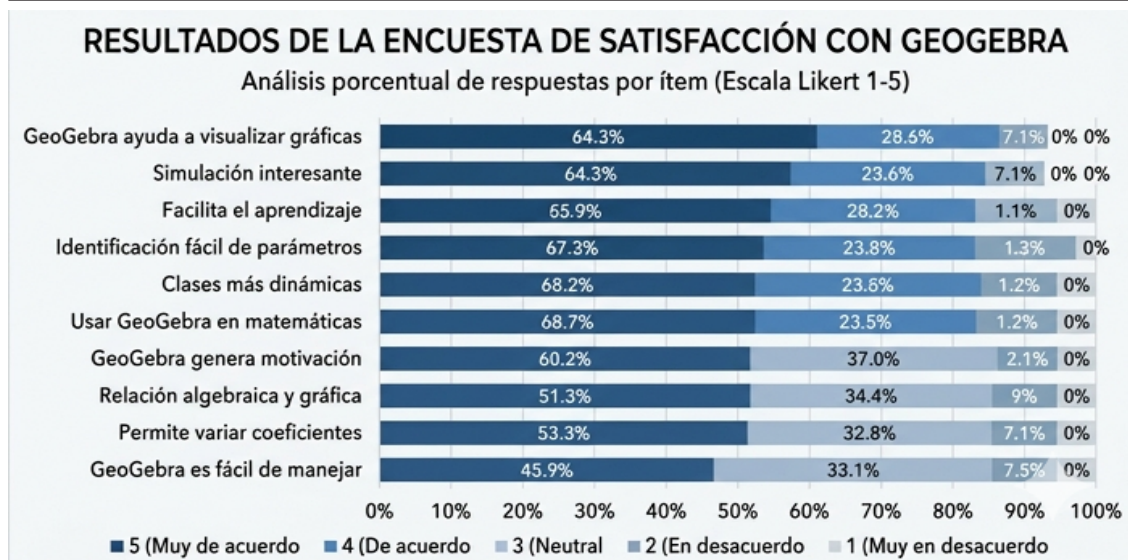


Figura 6. Encuesta de satisfacción sobre el uso de GeoGebra.

En relación a los resultados de la encuesta de satisfacción, destacan que el uso de GeoGebra tiene una buena acogida para la enseñanza de funciones cuadráticas. En relación a la entrevista se destaca que, incorporar GeoGebra en la enseñanza es importante para que los estudiantes afiancen sus conocimientos, muestren mayor interés de lo aprendido y verifiquen la parte numérica con la gráfica.

Los resultados obtenidos en la parte cuantitativa (cuestionarios de prueba y encuesta) y cualitativa (entrevista) reflejan una coherencia y concordancia en que la estrategia didáctica con GeoGebra fue pertinente para la enseñanza de funciones cuadráticas en primero de bachillerato, destacando este recurso digital eficaz para mediar el aprendizaje y la enseñanza, a su vez que aumenta la motivación, la interpretación y comprensión de gráficas, parámetros, modelos y propiedades de una función cuadrática.

Los resultados obtenidos evidencian que al utilizar GeoGebra existe una mejora significativa en la enseñanza de las funciones cuadráticas, esto es sustentado por Carapás et al. (2025), quienes mencionan que esta mejora se debe a que GeoGebra permite manipular dinámicamente parámetros, representar y visualizar el cambio de gráficas, fomenta la exploración, el descubrimiento matemático y permite la comprensión de contenidos logrando la interacción y aprendizaje del estudiante.

Aspecto que concuerda con Jiménez & Jiménez (2017), quienes sostienen que GeoGebra consolida la representación gráfica, algebraica, tabular y numérica de manera interactiva y versátil, mostrando cambios en relación a las variaciones de los coeficientes de la función. Así también, Gómez et al. (2022), argumenta que GeoGebra al tener herramientas como deslizadores, fomenta la manipulación, experimentación y observación directa del aprendizaje.

Además, con los resultados obtenidos, se verifica que la propuesta implementada ha generado un cambio crucial entre el grupo control y experimental. Esto se debe a que la estrategia didáctica basada en GeoGebra como recurso digital para la enseñanza de funciones cuadráticas en primer año de bachillerato de la “Unidad Educativa Arnaldo Calderón Coello impacta a partir de la modelación de la función cuadrática con GeoGebra, ya que esta estrategia didáctica vincula la variedad de registros semióticos, una exploración de ensayo-error y el razonamiento matemático; cuyas actividades fueron ordenadas bajo una estructura de enseñanza basada en la secuencia didáctica del ACC (Anticipación, Construcción y Consolidación).

Esta estrategia basada en la modelación con GeoGebra tiene su fundamentación en Duval (2017), quien hace referencia a que el estudiante aprende más cuando se realiza una visualización matemática con distintas representaciones; aspecto que es una de las ventajas de GeoGebra por su interactividad (Gómez et al., 2022), ya que permite pasar del registro algebraico de una parábola a su forma gráfica, a su vez que se pueden analizar sus puntos de construcción con una tabla de valores (parte tabular). De esta manera, este recurso digital logra una enseñanza más significativa que conecta con el aprendizaje del estudiante.

Visto desde esta perspectiva, Vygotsky (1978) desde el enfoque sociocultural, fundamenta la interacción de GeoGebra al sostener que el aprendizaje se construye de forma compartida con el apoyo docente (sujeto social) y la herramienta cultural (en este caso GeoGebra). Esto explica la razón de haber tenido una diferencia entre los resultados del pre-test y post-test, ya que GeoGebra como recurso digital actuó como un mediador entre la enseñanza y al aprendizaje.

Asimismo, el diseño de la enseñanza a través de la secuencia didáctica ACC se fundamenta en aportes como Ausubel (2002); Piaget (1972); y Vygotsky (1978), quienes sostienen de manera relacionada que el nuevo conocimiento se refleja a través de la asimilación, acomodación e interacción de estructuras para mejorar la comprensión y de saberes. Esto destaca la importancia de organizar el proceso de enseñanza en etapas para mejorar el aprendizaje del estudiante, con ello en la propuesta, en la fase de anticipación se activaron conocimientos previos a través del ensayo-error, en la construcción se realizó la

modelación con GeoGebra y en la consolidación la aplicación de lo aprendido a través de la exploración y razonamiento matemático. Así, la enseñanza fue más eficaz.

CONCLUSIONES

El estudio permitió determinar que la estrategia didáctica basada en GeoGebra impactó positivamente en el aprendizaje de los estudiantes, evidenciando que este recurso digital no solo fortalece la enseñanza de las funciones cuadráticas en primer año de bachillerato, sino también favorece la comprensión, visualización y exploración dinámica de la parábola.

Asimismo, se diagnosticó que el aprendizaje de las funciones cuadráticas presentaba un nivel insuficiente antes de la intervención, debido a las dificultades que mostraban los estudiantes en la comprensión de los parámetros de la función y en la interpretación de la relación entre las representaciones algebraicas, gráficas y numéricas.

De igual manera, se comprobó que la modelación de funciones cuadráticas mediante GeoGebra constituye una estrategia didáctica eficaz, ya que facilita la integración de distintos registros de representación, promueve la manipulación interactiva del recurso digital y fortalece el aprendizaje significativo. Además, su articulación con la secuencia didáctica de Anticipación, Construcción y Consolidación permitió organizar el proceso de enseñanza de manera estructurada, dinámica y coherente.

Finalmente, la evaluación de la estrategia didáctica evidenció una valoración positiva tanto por parte de los estudiantes como del docente, quienes coincidieron en que el uso de GeoGebra contribuyó al desarrollo de clases más dinámicas, motivadoras y comprensibles, facilitando el aprendizaje de conceptos matemáticos abstractos y la interpretación gráfica de las funciones cuadráticas.

REFERENCIAS

- Ausubel, D. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento: Una perspectiva cognitiva*. Paidós.
- Bautista-Díaz, M. L., Victoria-Rodríguez, E., Vargas-Estrella, L. B., & Hernández-Chamosa, C. C. (2020). Pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas: Su clasificación, objetivos y características. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, 9(17), 78–81. <https://doi.org/10.29057/icsa.v9i17.6293>
- Carapás Revelo, A. C., Anrango Sosa, M. A., Morales Chilo, M. O., Vaca Montenegro, M. L., & Pico López, K. A. (2025). Impacto del GeoGebra como recurso didáctico en el aprendizaje de la función cuadrática para estudiantes de bachillerato. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 6(3), 2223–2233. <https://doi.org/10.56712/latam.v6i3.4106>

- Carrión Cano, H. A., Beato Díaz, O., José Tineo, A., & Mendoza Talledo, O. L. (2025). GeoGebra como herramienta didáctica para fortalecer el aprendizaje de vectores en el espacio en la asignatura de Cálculo de Varias Variables. *Revista Científica de Innovación Educativa y Sociedad Actual "ALCON"*, 5(1), 208–217. <https://doi.org/10.62305/alcon.v5i1.426>
- Davila, B., Avelio, J., Benavides, R., & Davila, D. (2024). Impacto del uso del software GeoGebra en el aprendizaje de las funciones cuadráticas en estudiantes de bachillerato. *Revista Minerva*, 5(9). <https://revistas.ug.edu.ec/index.php/minerva/article/view/1611>
- Duval, R. (2017). *Semiosis y pensamiento humano: Registros semióticos y aprendizajes intelectuales* (2.^a ed.). Universidad del Valle.
- Ecuador. Ministerio de Educación. (2019). *Currículo de los niveles de educación obligatoria. Nivel bachillerato* (Tomo 2). <https://es.scribd.com/document/429544303/BGU-tomo-2>
- Ecuador. Ministerio de Educación. (2021). *Currículo priorizado con énfasis en competencias comunicacionales, matemáticas, digitales y socioemocionales. Nivel de bachillerato*. https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/12/Currículo-priorizado-con-énfasis-en-CC-CM-CD-CS_Superior.pdf
- Endara Crespata, L., Proaño Alulema, M., & Peñafiel Gabor, G. (2022). Las estrategias metodológicas y funciones cuadráticas. *AlfaPublicaciones*, 4(3.1), 516–532. <https://doi.org/10.33262/ap.v4i3.1.277>
- Gómez, A. L., Guirette, R., & Morales, F. (2022). Propuesta para el tratamiento de interpretación global de la función cuadrática mediante el uso del software GeoGebra. *Educación Matemática*, 29(3), 189–224. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-80892017000300189
- Hernández-Yañez, L., García-García, J., & Campo-Meneses, J. (2023). Conexiones matemáticas asociadas al concepto de ecuación cuadrática que establecen futuros profesores mexicanos de matemáticas. *Revista Uniciencia*, 37(1), 1–19. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-34702023000100228
- Huamán, R. (2025). GeoGebra en el entorno educacional básica: Una revisión sistemática. *Horizontes Revista de Investigación en Ciencias de la Educación*, 9(39), 3194–3210. <https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v9i39.1112>
- Jiménez García, J. G., & Jiménez Izquierdo, S. (2017). GeoGebra, una propuesta para innovar el proceso enseñanza-aprendizaje en matemáticas. *Revista Electrónica sobre Tecnología, Educación y Sociedad*, 4(7). <https://www.ctes.org.mx/index.php/ctes/article/view/654>
- Machuca Yaguana, J. A., Maldonado Machuca, M. E., & Vences Vences, F. V. (2023). Tratamiento y representación de datos provenientes de escalas tipo Likert. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 736–747. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.6905
- Nanjundeswaraswamy, T. S., & Divakar, S. (2021). Determination of sample size and sampling methods in applied research. *Proceedings on Engineering Sciences*, 3(1), 25–32. <https://pesjournal.net/journal/v3-n1/3.pdf>
- Piaget, J. (1972). *La psicología de la inteligencia*. Editorial Psique.
- Reid O'Connor, B., & Norton, S. (2024). Exploring the challenges of learning quadratic equations and reflecting upon curriculum structure and implementation. *Mathematics Education Research Journal*, 36(1), 151–176. <https://doi.org/10.1007/s13394-022-00434-w>
- Sebsibe, M., & Abdella, M. (2025). The effects of GeoGebra-integrated instruction on students' conceptual understanding and problem-solving performance in quadratic functions. *F1000Research*, 14(671). <https://f1000research.com/articles/14-671>
- Sornoza-Loor, H. R., & Arteaga-Linzán, M. (2022). Estrategias didácticas tecnológicas para mejorar el rendimiento académico en el área de matemática. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada YACHASUN*, 6(11 Ed. esp.), 335–350. <https://www.editorialbkn.com/index.php/Yachasun/article/view/254>
- Tuapanta Dacto, J. V., Duque Vaca, M. A., & Mena Reinoso, A. P. (2017). Alfa de Cronbach para validar un cuestionario de uso de TIC en docentes universitarios. *Revista mktDescubre*, 10, 37–48. <https://dspa.ce.esepoch.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/cea77ec6-5329-4957-beda-64433cd8f771/content>
- Vygotsky, L. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Wei, Z., & Thiam Yew, W. (2024). The teaching strategy of teaching quadratic functions using GeoGebra following the 5E instructional model. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, 13(1). <https://ijarped.com/index.php/journal/article/view/694>

Conflictos de interés:

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Contribución de los autores:

Lisbeth Claudia Alejandro-Rueda, Jorge Luis Lucas-Santana, Alina Rodríguez-Morales, Graciela Abad-Peña: Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, supervisión, validación, visualización, redacción del borrador original y redacción, revisión y edición.

Declaración ética:

El estudio se desarrolló respetando los principios éticos de la investigación científica. La participación de los sujetos fue voluntaria y se obtuvo el consentimiento informado de los participantes. Se garantizó la confidencialidad, el anonimato y el respeto a los derechos de poblaciones consideradas vulnerables.