

Impacto de GeoGebra en el rendimiento académico de funciones cuadráticas en el bachillerato General Unificado

The Impact of GeoGebra on Academic Performance in Quadratic Functions in the General Unified High School Program.

-Fecha de recepción: 23-03-2026 -Fecha de aceptación: 09-04-2026 -Fecha de publicación: 27-04-2026

Karla Rocio Duma Sanchez¹

Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador

krduma@utpl.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0006-3116-6283>

Cesar Willam Granda Lazo²

Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador

cwgrandax@utpl.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-4786-3984>

Resumen

El estudio tuvo como objetivo determinar el impacto de GeoGebra en la comprensión de funciones cuadráticas en estudiantes de primero y segundo de Bachillerato General Unificado de la Unidad Educativa Machala N.º 51, durante 2025. El análisis se centró en el aprendizaje conceptual, gráfico y procedimental de este contenido matemático. Se desarrolló una investigación cuantitativa, cuasi experimental, de un solo grupo con diseño pretest-postest. La muestra estuvo conformada por 14 estudiantes, 5 de segundo y 9 de primero de Bachillerato General Unificado. Se aplicaron un pretest y un postest de 10 ítems, con calificación máxima de 10 puntos, y la intervención se organizó en seis sesiones de 45 minutos con actividades de exploración guiada, trabajo colaborativo y uso de GeoGebra. En el pretest, el 71,43 % de los estudiantes se ubicó en “No alcanza los aprendizajes”, el 14,29 % en “Próximo a alcanzar” y el 14,29 % en “Alcanza los aprendizajes”. En el postest, el 28,57 % se ubicó en “Próximo a alcanzar”, el 50,00 % en “Alcanza los aprendizajes” y el 21,43 % en “Domina los aprendizajes”. La media pasó de 3,36 a 7,43, con desviaciones estándar de 2,37 y 1,40, respectivamente, y un valor p de 0,001. Se concluye que la intervención didáctica apoyada en GeoGebra se asoció con una mejora del aprendizaje de las funciones cuadráticas en el grupo estudiado. Los hallazgos deben asumirse con prudencia por el

tamaño reducido de la muestra, la ausencia de grupo control y la aplicación en una sola institución educativa.

Palabras clave

GeoGebra; funciones cuadráticas; bachillerato general unificado; rendimiento académico; enseñanza de la matemática

Abstract

The purpose of the study was to determine in 2025 how GeoGebra influenced students' learned knowledge about quadratic functions of first- and second-year students in the Machala Educational Unit No. 51 General Unified High School program. The analysis was carried out with respect to the conceptual, graphical, and procedural understanding of this mathematical content. A quantitative, quasi-experimental, single-group pretest-posttest design study was performed. The participants were 14 students, including 5 students from the second year and 9 students from the first year under the General Unified High School program. We administered a 10-item pretest and posttest (maximum score, 10 points), and the intervention consisted of six sessions (45 minutes each) including guided inquiry activities, group working, and GeoGebra. In the pretest, students received 71.43% in “Does not meet learning standards,” 14.29% in “Close to meeting,” and 14.29% in “Meets learning standards.” On posttest, 28.57% were identified as “Close to meeting,” 50.00%, “Meets learning standards” and 21.43%, “Mastering learning standards.” The means from 3.36 to 7.43, standard deviations were 2.37 and 1.40 respectively and $p = 0.001$ The findings conclude that using GeoGebra to support the instructional intervention was related to a better learning in quadratic functions of the group of study. Since the sample size, control group and application in only one institution can be counted as limitations, the results should be evaluated with caution.

Keywords

GeoGebra; quadratic functions; unified general high school; academic performance; mathematics education

Introducción

La enseñanza de la matemática en el bachillerato constituye un campo prioritario de reflexión pedagógica, debido a las dificultades persistentes que presenta el estudiantado en la comprensión de contenidos abstractos y en la aplicación de procedimientos con sentido. En este escenario, resulta necesario analizar estrategias didácticas que fortalezcan aprendizajes más comprensivos, activos y contextualizados.

Desde una revisión sistemática ampliamente reconocida, Yohannes y Chen (2023) reportaron cómo GeoGebra se ha consolidado como uno de los recursos digitales más estudiados en educación matemática por su facilidad para articular las tres representaciones algebraicas, gráfica y numérica. Dicha convergencia prácticamente se convierte en imposición cuando hablamos de funciones, pues la posibilidad de observar simultáneamente las relaciones de variación nos permite superar la tendencia intrínsecamente instrumental a las abstracciones que sólo desde el lenguaje simbólico representan alguna relación.

En este sentido, Dzulfikar y Turmudi (2024) proponen que, para educación secundaria, el aprendizaje de GeoGebra normalmente va acompañado de mejora en la visualización, exploración y participación, siempre y cuando los estudiantes sean rigurosos con los objetos matemáticos de manipulación y justificación. Así, Hidayat et al. (2024) llegan a la misma conclusión tras probarlo en funciones y ecuaciones cuadráticas; el empleo de GeoGebra, el cual ayuda a la modificación de parámetros, promueve el entendimiento conceptual y participación de los estudiantes, especialmente si están conectados con significado y valor.

Desde ese enfoque, Nzaramyimana et al., (2021) también afirman que el GeoGebra ha demostrado fortalecer el rendimiento y el interés activo y continuo en la matemática cuando la clase tiene lugar en torno a tareas interactivas con comentarios inmediatos. En consonancia, la instrucción de funciones continuas con el software ha generado mejorías en la interpretación gráfica y la comprensión de los comportamientos localizados y generalizados dentro de una función continua, evidenciando la utilidad de la visualización dinámica en el contenido funcional.

Desde esta misma perspectiva, Ayala y Luna (2025), proponen una lectura teórica particularmente atinada, en tanto, plantean a GeoGebra como un recurso semiótico que propicia la conversión entre registros de representación y torna visibles relaciones matemáticas que, no mediadas por la tecnología, permanecen implícitas. Como tal, el software no solo sirve para ahorrar tiempos de

procedimiento, sino para una comprensión en profundidad, en tanto, posibilita al estudiantado conectar expresión algebraica, gráfica y significado, en un único proceso de aprendizaje.

Esta postura es reforzada por Flores et al. (2025) quien plantea que GeoGebra puede funcionar como un mediador semiótico en tareas donde cambiar de tipo de representación es una habilidad crítica para entender fenómenos matemáticos. En el caso de la función cuadrática, este planteamiento cobra vital importancia, ya que la comprensión de la parábola demanda interpretar de forma simultánea cambios algebraicos, formas gráficas y relaciones de variación, evitando que el aprendizaje se encuentre en un nivel puramente descriptivo y/o memorístico.

Por el contrario, Azis y Rohaeti (2025) advierten que la literatura actual no es suficiente cuando se trata de asumir beneficios uniformes de la participación en el software. Muchos estudios describen las ventajas generales sin especificar qué dimensiones del aprendizaje realmente cambian. En este sentido, el progreso en la redacción de Açıkgül y Onuk (2025) y la revisión de Huamán (2025) llevan a conclusiones similares; sin embargo, estos estudios se han basado en el análisis bibliométrico de estudios previos y, por lo tanto, destacan los vacíos temáticos, geográficos y metodológicos.

Raave et al. (2024) en su artículo remarcan que el impacto de cualquier herramienta digital depende de cómo se utilice por parte del docente. En relación a esto, los marcos de definición de Kholid et al. (2023) van en la misma dirección, subrayando que el uso de artefactos tecnológicos exige la articulación del conocimiento sobre el contenido pedagógico y tecnológico, mientras en este marco, Fabian et al. (2024) y Siyam et al. (2025) enfatizan que la calidad del diseño pedagógico y la evaluación son más importantes que su mera frecuencia.

Una advertencia metodológica necesaria se debe agregar al respecto en la afirmación de Sebsibe y Abdella (2025), donde establece que evidencia obtenida en otros sistemas educativos no se puede transferir automáticamente a contextos escolares diferentes. Esta investigación de carácter internacional está centrada en el alcance de la discusión, sus conclusiones no se deben considerar como suficientes para determinar el desarrollo en instituciones específicas.

En la región latinoamericana, Calero y Veramendi (2023) identifican que existe una mayor presencia de enfoques para el fortalecimiento de la visualización, resolución de problemas y aprendizaje activo con recursos digitales; sin embargo, reconocen que hay grandes diferencias en términos de disponibilidad tecnológica, diseño pedagógico y apropiación docente.

Andrés et al. (2021) identifican que, en una experiencia realizada en escuela secundaria argentina, el empleo de GeoGebra facilitó la coordinación entre los registros geométricos y cartesianos y enriqueció las discusiones matemáticas relativas a los comportamientos funcionales.

Caiza (2025) explicó que, en el caso de Ecuador, la educación matemática del bachillerato se enfrenta al desafío de la recuperación de aprendizajes, integración digital y construcción de comprensión conceptual combinados en aulas cada vez más heterogéneas. Esta demanda parece muy exigente cuando los estudiantes han estado en la práctica disciplinados hasta ahora en prácticas que, en lugar de potenciar el razonamiento, la visualización y la argumentación, pueden estar incluso contra él. A su vez, Monroy (2024) señaló que, en la misma dirección, las nuevas tecnologías abren posibilidades de enseñanza, pero su valor depende de la intencionalidad pedagógica y del papel docente.

La función cuadrática juega un rol especial en bachillerato, porque vincula el álgebra, la representación, la variación y la modelización, como apuntan Cepeda et al. (2025); aunque se describen muchas dificultades en su utilización relacionadas con la interpretación del vértice, la concavidad, las raíces y el valor de los coeficientes. En el caso del ámbito ecuatoriano, dichas dificultades son agravadas por los desconocimientos previos de álgebra y la enseñanza por procedimientos, lo que torna complicado vincular expresión simbólica, tabla de valores y forma de la parábola con significado matemático usando GeoGebra (Tabango, 2023).

A nivel empírico nacional, Vargas et al. (2023) reportan un estudio en estudiantes de tercero de bachillerato de la Unidad Educativa Camilo Gallegos en el que el grupo experimental logró una media de 7.82 en el postest y tuvo diferencias significativas frente al grupo de comparación. De igual manera, Villacís et al. (2023) encontraron que la aplicación de actividades mediadas por GeoGebra tenía mejoras significativas en el aprendizaje de funciones lineales y que la mayoría del estudiantado señalaba mejor comprensión de la matemática.

Dávila et al. (2024) aportan evidencia cercana al foco de esta investigación al analizar el aprendizaje de funciones cuadráticas en bachillerato mediante GeoGebra, con resultados que sugieren mejoras en rendimiento y comprensión gráfica después de la intervención. No obstante, el alcance explicativo de ese estudio se ve limitado por su diseño preexperimental y por su aplicación en un solo entorno educativo. A ello se suma que el interés por aprender funciones cuadráticas también puede mejorar con el uso del software, aunque conviene no confundir motivación con comprensión conceptual (Pospos y Piñero, 2024).

Yohannes y Chen (2023) sostienen que GeoGebra destaca por articular representaciones algebraicas, gráficas y numéricas, mientras Ayala y Luna (2025) y Flores et al. (2025) establecen que esta idea es considerada como un mediador para construir significado. Pero, Azis y Rohaeti (2025) discuten que estas visiones pueden ser demasiado homogéneas y indican que no toda la evidencia señala qué dimensiones del aprendizaje se están mejorando realmente con el uso.

Dzulfikar y Turmudi (2024), junto con Hidayat et al. (2024), concuerdan que GeoGebra ayuda con la visualización, la exploración y el entendimiento conceptual en el bachillerato. No obstante, Raave et al. (2024), Kholid et al. (2023), Fabian et al. (2024) y Siyam et al. (2025) matizan esa postura al señalar que los resultados no dependen solo del software, sino de la mediación docente, el diseño pedagógico y la evaluación.

En el plano más cercano al problema, Dávila et al. (2024), Vargas et al. (2023) y Villacís et al. (2023) reportan mejoras en el aprendizaje con actividades mediadas por GeoGebra. Aun así, Pospos y Piñero (2024) recuerdan que el aumento del interés no equivale automáticamente a comprensión conceptual, y Sebsibe y Abdella (2025) añaden que esos hallazgos deben leerse con cautela cuando se trasladan a contextos escolares distintos.

El estudio es relevante, como sostiene Caiza (2025) porque dada la situación del aprendizaje de las matemáticas a nivel de bachillerato ecuatoriano, la enseñanza de la matemática en aulas heterogéneas tiene que recuperar aprendizajes, integrar recursos digitales, pero fortalecer la adquisición de la conceptualización al mismo tiempo. De este modo, el uso de GeoGebra y función cuadrática como temas pueden considerarse como relevantes, no únicamente por su valor tecnológico, sino también por su necesidad de aprendizaje en el sistema escolar y contexto institucional analizado.

Dávila et al. (2024), ofrecen un antecedente próximo a la situación, ya que muestran los beneficios de la enseñanza de funciones cuadráticas con GeoGebra en bachillerato ecuatoriano. A pesar de que el artículo declara que este proyecto fue preexperimental y solo evaluó los aprendices de una institución educativa, la investigación en forma enriquecida y metodológicamente detallada es apropiada para generar de los propios, pero con mayor precisión, evidencia para el contexto de Unidad Educativa Machal N.º 51.

Los resultados obtenidos en otros sistemas educativos, como Sebsibe y Abdella (2025), no pueden ser automáticamente transferidos a todo tipo de escenario escolar. Esa afirmación hace pertinente examinar el caso de la Unidad Educativa Machala N.º 51, que es único en términos de condiciones

curriculares, tecnológicas y pedagógicas. Por lo tanto, el estudio es relevante en relación con su aplicabilidad, ya que proporciona una visión local que puede ayudar a involucrar decisiones más realistas sobre la enseñanza en el nivel bachillerato en este país.

Dadas estas consideraciones, parece apropiado definir explícitamente el contenido alrededor del cual explorar el uso de GeoGebra en los estudiantes de bachillerato, la población y el escenario de análisis. Al menos en la revisión de la evidencia, se puede encontrar consenso basal en la relevancia de la dimensión didáctica del uso de un recurso digital como GeoGebra a nivel internacional y latinoamericano, y específicamente en el contexto educativo ecuatoriano. Por tanto, la investigación en la Unidad Educativa Machala N.º 51 permitirá generar evidencia concreta y situada que contribuya a una apreciación más rigurosa del impacto pedagógico en su uso.

La presente investigación, se delimita al área de Matemática de la Unidad Educativa Machala N.º 51, correspondiente al levantamiento del año lectivo 2025, con los y las estudiantes de primero y segundo de Bachillerato General Unificado. Se abarca el aprendizaje de las funciones cuadráticas a través de una intervención pedagógica con GeoGebra, en torno a la comprensión conceptual, gráfica y procedimental, abordando exclusivamente esta área de conocimiento, de alumnos, y docente de dos niveles educativos, de una sola institución y, de una sola herramienta digital. En este contexto, objetivo de esta investigación es determinar el impacto de GeoGebra en la comprensión de funciones cuadráticas en estudiantes de primero y segundo de Bachillerato General Unificado de Unidad Educativa Machala N°51.

Materiales y Métodos

2.1. Diseño del estudio y escenario

Se realizó un estudio cuantitativo, cuasi experimental, de un solo grupo con diseño pretest-postest. El estudio se ejecutó en la Unidad Educativa Machala N.º 51, en el área de Matemática, con estudiantes de primero y segundo de Bachillerato General Unificado. La intervención se desarrolló durante 2025.

2.2. Población y muestra

La población de referencia estuvo conformada por 14 estudiantes de Bachillerato General Unificado, de los cuales 5 pertenecían a segundo de BGU y 9 a primero de BGU. La unidad de análisis fue cada estudiante. Se trabajó con la totalidad del grupo accesible mediante muestreo no probabilístico intencional, debido al tamaño reducido del curso y a las facilidades de acceso institucional. Los criterios de inclusión correspondieron a estudiantes matriculados en primero y

segundo de Bachillerato General Unificado, mientras que el criterio de exclusión consideró a quienes no pertenecían a dichos niveles educativos.

2.3. Materiales y equipos

Se utilizaron dos instrumentos de evaluación, un pretest y un postest diagnósticos, ambos con 10 ítems, calificación máxima de 10 puntos y tiempo de aplicación de 45 minutos. Los reactivos incluyeron preguntas de selección múltiple, completación e identificación de elementos de la función cuadrática, como coeficientes, vértice y raíces. La intervención se apoyó en la plataforma GeoGebra, usada por el docente mediante proyección y por los estudiantes en teléfonos celulares. El procesamiento estadístico se realizó en RStudio.

2.4. Procedimientos y protocolos

El procedimiento se organizó en seis sesiones de 45 minutos. En la primera sesión se aplicó el pretest. Entre la segunda y la quinta sesión se desarrolló una secuencia didáctica con explicación inicial, exploración guiada en GeoGebra, trabajo colaborativo y cierre reflexivo. Los contenidos abordados incluyeron la forma general de la función cuadrática que se presenta a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 1

Contenidos y actividades desarrolladas en la intervención pedagógica

Sesión	Contenido principal	Actividades realizadas	Propósito didáctico
1	Evaluación diagnóstica inicial sobre funciones cuadráticas	Presentación de la prueba, aplicación del pretest y cierre con retroalimentación general	Identificar el nivel previo de comprensión conceptual, gráfica y procedimental
2	Forma general de la función cuadrática e introducción a la parábola	Conversatorio sobre saberes previos, lluvia de ideas, observación de la gráfica en GeoGebra y participación con respuestas orales, tarjetas y dibujo en pizarra	Activar conocimientos previos e introducir GeoGebra como apoyo para la visualización
3	Efecto de los coeficientes (a), (b) y (c) en la gráfica	Exploración con deslizadores en GeoGebra, registro de observaciones en parejas, formulación de reglas y elaboración de mapa conceptual de cierre	Analizar cómo los coeficientes modifican apertura, corte con eje (y) y posición del vértice
4	Vértice, raíces y relación de la parábola con situaciones contextualizadas	Mini cuestionario de retroalimentación, observación de video, identificación de la forma parabólica y reconocimiento del punto máximo en contexto	Introducir el significado del vértice y las raíces en situaciones cercanas al estudiante
5	Resolución de problemas contextualizados con GeoGebra	Graficación en celulares, identificación de vértice y raíces, trabajo grupal con problemas aplicados, socialización de respuestas y construcción de guía rápida	Aplicar la interpretación gráfica y contextual de la función cuadrática en trabajo colaborativo
6	Evaluación final y cierre de la intervención	Aplicación del postest y síntesis final del docente sobre el proceso desarrollado	Valorar avances en el aprendizaje tras la secuencia didáctica con GeoGebra

Nota. Elaborado por los autores.

5. Análisis estadístico

Los datos se registraron y procesaron en RStudio. Se realizó análisis descriptivo mediante medias y desviaciones estándar para los puntajes del pretest y del postest. Para contrastar las mediciones relacionadas antes y después de la intervención se aplicó la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon, seleccionada por tratarse de una muestra menor de 30 estudiantes y por asumirse una distribución no normal.

Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos antes y después de la intervención pedagógica con GeoGebra, a partir del análisis de los puntajes del pretest y postest. La exposición se organiza de manera descriptiva y comparativa, en correspondencia con las variables definidas en el estudio.

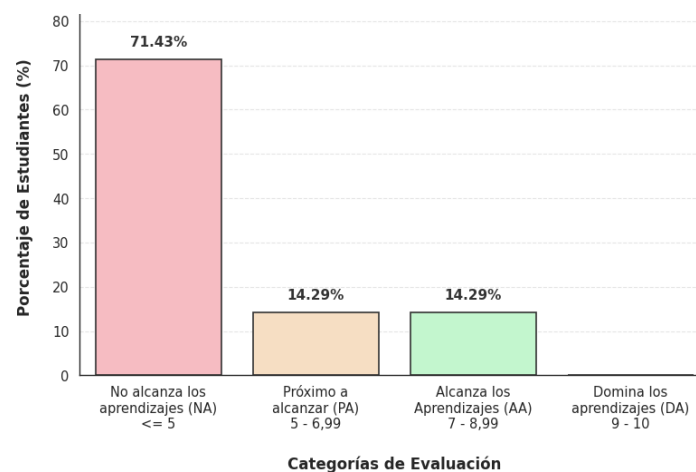


Fig. 1. Resultado del Pre Test: Nivel de Dominio

Cepeda et al. (2025) sostienen que las funciones cuadráticas constituyen un contenido especialmente crítico en bachillerato porque exigen comprender relaciones entre vértice, concavidad, raíces y coeficientes, y no solo aplicar procedimientos. En consonancia con ello, la Figura 1 muestra un patrón de entrada claramente desfavorable: el 71,43 % del estudiantado se ubicó en “No alcanza los aprendizajes”, mientras apenas el 14,29 % llegó a “Próximo a alcanzar” y otro 14,29 % a “Alcanza los aprendizajes”, sin presencia alguna en “Domina los aprendizajes”. Esta distribución no describe una dificultad aislada, sino una concentración mayoritaria en niveles de bajo desempeño.

Tabango (2023) advierte que, en el bachillerato ecuatoriano, estas limitaciones suelen asociarse con vacíos previos de álgebra y con prácticas centradas en la repetición, por lo que los datos permiten inferir debilidades de base en la interpretación de la parábola y en la conexión entre forma simbólica, tabla de valores y representación gráfica. Desde la perspectiva de Yohannes y Chen (2023), este hallazgo adquiere especial relevancia, ya que evidencia que el grupo requería una mediación didáctica capaz de articular registros algebraicos, numéricos y gráficos para superar una comprensión fragmentada del contenido.

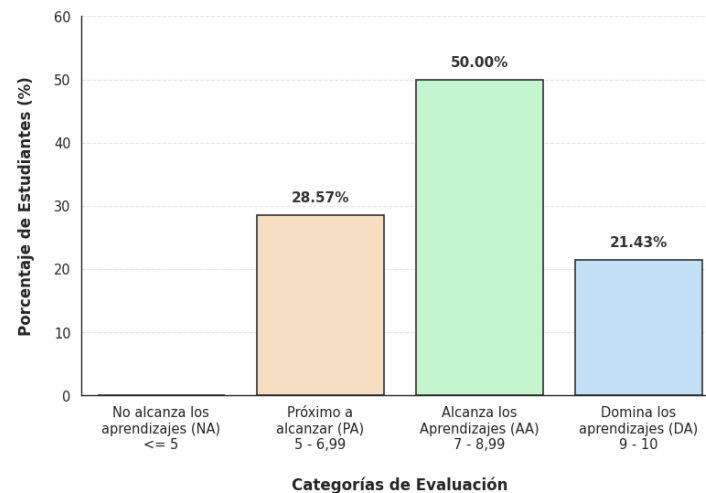


Fig. 2. Resultado del Post Test: Nivel de Dominio

Dávila et al. (2024) reportaron en bachillerato ecuatoriano mejoras posteriores a la intervención con GeoGebra en el aprendizaje de funciones cuadráticas. En concordancia con ello, la Figura 2 muestra una transformación clara de la distribución del rendimiento, pues ningún estudiante permaneció en “No alcanza los aprendizajes”, mientras el 28,57 % se ubicó en “Próximo a alcanzar”, el 50,00 % en “Alcanza los aprendizajes” y el 21,43 % en “Domina los aprendizajes”. Más que un aumento aislado, estos datos reflejan un desplazamiento colectivo hacia niveles de desempeño más altos.

Hidayat et al. (2024) señalan que GeoGebra favorece tanto la comprensión conceptual como el involucramiento del estudiantado, y esa lectura resulta consistente con la concentración del 71,43 % del grupo en los dos niveles superiores al finalizar la intervención. Desde esta perspectiva, no solo se observa mejora en el rendimiento general, sino también una apropiación más sólida de los contenidos trabajados. En la misma línea, Yohannes y Chen (2023) sostienen que el valor didáctico de GeoGebra se consolida cuando integra registros algebraicos, gráficos y numéricos en procesos

guiados, por lo que la desaparición del nivel más bajo sugiere una comprensión menos fragmentada y más significativa de la función cuadrática.

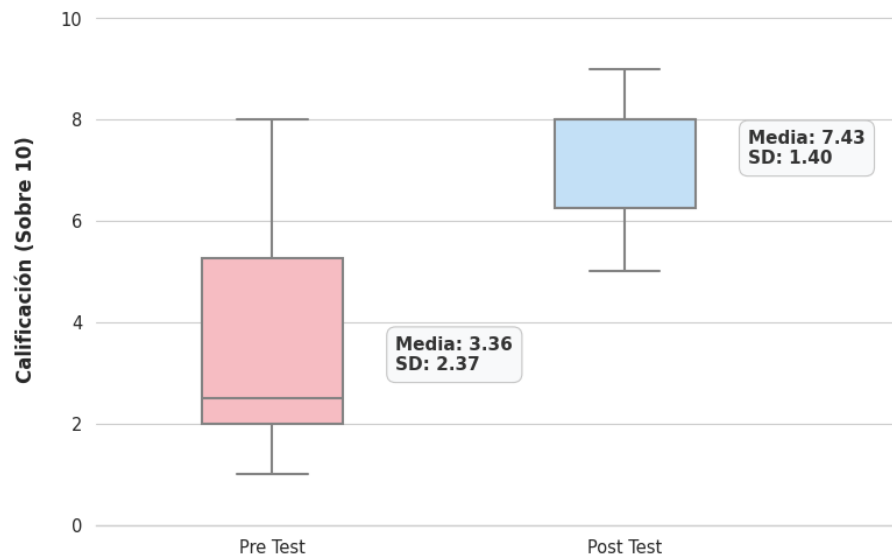


Fig. 3. Comparación de calificaciones del pre test y post test en funciones cuadráticas

Dávila et al. (2024)

Dávila et al. (2024) reportaron mejoras en el aprendizaje de funciones cuadráticas después de una intervención con GeoGebra en estudiantes de bachillerato, y la Figura 3 muestra un comportamiento congruente con ese antecedente. La media pasó de 3,36 en el pre test a 7,43 en el post test, mientras que la desviación estándar descendió de 2,37 a 1,40, lo que no solo evidencia un aumento sustantivo del rendimiento, sino también una reducción de la dispersión entre puntajes. Este cambio permite interpretar que la mejora no se concentró en pocos casos, sino que tendió a distribuirse de manera más homogénea en el grupo.

En la misma línea, Hidayat et al. (2024) señalan que GeoGebra favorece la comprensión conceptual y el involucramiento del estudiantado, de modo que el incremento de más de cuatro puntos sugiere un avance asociado tanto al dominio del contenido como a una participación más activa en el proceso de aprendizaje. A ello se suma que, como sostienen Yohannes y Chen (2023), el valor didáctico de la herramienta radica en articular registros algebraicos, gráficos y numéricos en actividades guiadas. Por ello, el desplazamiento hacia valores centrales más altos y una menor amplitud en la distribución sugiere aprendizajes más estables, menor brecha de desempeño y una comprensión menos memorística de la función cuadrática.

Tabla 1

Comparación de los resultados pretest y posttest de la intervención

	Pre		Post		P-Valor
	Media	SD	Media	SD	
Intervención con GeoGebra	3.36	2.37	7.43	1.40	0.001***

Nota. Estadísticos descriptivos y pruebas de significancia (valores p). * $p < 0,05$; $p^{**} < 0,01$; $p^{***} < 0,001$.

Cepeda et al. (2025)

Cepeda et al. (2025) sostienen que las funciones cuadráticas constituyen un contenido estratégico del bachillerato, pero también uno de los más complejos por las exigencias conceptuales que implican el vértice, la concavidad, las raíces y el significado de los coeficientes. En correspondencia con ello, la tabla describe que la media ascendió de 3,36 en el pre test a 7,43 en el post test, en tanto que la desviación estándar bajó de 2,37 a 1,40. Al respecto, este comportamiento no solo manifiesta una mejora en el desempeño promedio, sino una distribución más uniforme del aprendizaje dentro del grupo.

Ayala y Luna (2025) establece que usar GeoGebra ayuda a una comprensión cuando opera como un recurso dinámico que permite visibles relaciones matemáticas antes implícitas. Desde esa perspectiva, la diferencia entre ambas mediciones no debe leerse únicamente como aumento cuantitativo del puntaje, sino como un indicio de mayor capacidad para conectar el registro algebraico con la representación gráfica y el significado conceptual de la función cuadrática. En ese sentido, el avance observado sugiere una comprensión menos fragmentada y más articulada del contenido trabajado durante la intervención.

Así, Fabian et al. (2024) destacan que los efectos educativos de la tecnología deben ser interpretados como un “todo coherente entre diseño didáctico, mediación docente y evaluación”. Desde ese criterio, el valor $p = 0,001$ permite rodear a la diferencia entre pre test y post test de un sesgo estadístico de validez, al igual que la reducción de la desviación estándar sugiere una mejora más homogénea del colectivo estudiantil. A la luz de la pedagogía, ello significa que la secuencia implementada con GeoGebra no solo mejoró los resultados, sino que permitió reducir brechas de aprendizaje en un contenido de alto nivel de abstracción.

Discusión

Los resultados del estudio mostraron una mejora significativa en el rendimiento de los alumnos tras la intervención didáctica con GeoGebra. Se verificó, en líneas generales, un corrimiento desde niveles de dominio iniciales mayoritariamente bajos, hacia niveles más favorables, corrimiento acompañado por el aumento de la media del post test, una disminución de la dispersión de los puntajes y una diferencia estadísticamente significativa entre ambas mediciones.

Sumado a todo lo anterior, estos resultados permiten establecer en general, la secuencia pedagógica utilizada parecería relacionarse con un periodo de aprendizaje fortalecido de las funciones cuadráticas en los alumnos seleccionados. A nivel comprensión, estos resultados permitieron cumplir con las expectativas, que planteaba los logros de aprendizaje relativos a las funciones cuadráticas en la formación académica en la asignatura de Matemáticas.

La mejora en el aprendizaje experimentada puede explicarse por la combinación simultánea de la representación del registro algebraico y gráfico, así como la manipulación dinámica de los coeficientes, el vértice y las raíces al resolver las actividades en el aula. Sin embargo, debido a la naturaleza cuasi experimental y la forma en que fue diseñado específicamente para este grupo de investigación, con medición previa y posterior, una interpretación más confiable podría decir que GeoGebra parece haber estado asociado con mejoras en el aprendizaje en el desarrollo de esta específica experiencia más que proclamar una relación causal definitiva.

El resultado de la investigación coincide con lo esperado, en línea con investigaciones anteriores que habían formulado impactos positivos de GeoGebra al momento de abordar la enseñanza de contenidos funcionales y algebraicos. Por ejemplo, con un caso ecuatoriano y de nivel superior, Dávila et al. (2024) realizaron un estudio previo con alumnos de secundaria que en condiciones controladas mostraron mejoras luego de la intervención con la mencionada plataforma, en tareas centrados en torno a la función cuadrática.

De la misma manera, según Hidayat et al. (2024), el uso de GeoGebra en funciones y ecuaciones cuadráticas es beneficioso para la comprensión conceptual y el involucramiento en un aula. Además, Sebsibe y Abdella (2025) encontraron los efectos positivos de la visualización dinámica en el aprendizaje de funciones cuadráticas, lo que también puede interpretarse según las críticas anteriores.

Los resultados también conversaron con las contribuciones más amplias de la literatura sobre la educación matemática mediada por la tecnología. Según Yohannes y Chen (2023), GeoGebra ha llegado a ocupar un lugar central en determinadas áreas del campo, debido a su capacidad de

articular representaciones múltiples, lo que se revela crucial en problemas que involucran la función cuadrática.

De igual manera, Tong et al. (2021) evidencian que la herramienta promueve la interpretación gráfica en otras funcionalidades de contenido, a la vez que, para Dzulfikar y Turmudi (2024), se potencializa en mayor medida en secuencias orientadas a la exploración-argumentación. Ahora bien, este último punto es de especial importancia porque indica que la mejora conseguida en el estudio no fue meramente por ser software mejor o peor, sino también a qué grado de detalle lograba material didáctico con que su empleo dependiera.

El informe coincide con versiones del tema que sugieren que la tecnología por sí sola no tiene valor en la educación. Monroy (2024) y Calero y Veramendi (2023) señalan que las herramientas digitales son interesantes sólo si cuentan con tareas cognitivas exigentes y la mediación guiada de profesores de intención. A su vez, Raave et al. (2024), Kholid et al. (2023) y Fabian et al. (2024) plantean que la integración tecnológica eficaz depende del equilibrio entre contenido, pedagogía y tecnología. Bajo esta perspectiva, es razonable interpretar que el avance del grupo respondió tanto a GeoGebra como a la organización de las seis sesiones, el trabajo colaborativo y la orientación del docente en torno a un contenido específico y claramente delimitado.

En tanto, como fortalezas del estudio, vale destacar que se trató de un desarrollo en un contexto verdadero de aula, ya que fue una intervención breve, pero con estructura, diseñada con enfoque en un contenido nuclear del bachillerato y evaluada mediante mediciones previas y posteriores. Asimismo, el análisis logró una combinación de pruebas descriptivas, visuales y estadísticas que permitieron no solo mostrar el cambio en la media sino también en la reducción de la variabilidad del grupo.

Sin embargo, se debe considerar que existieron limitaciones que tienen que ser reconocidas con honestidad. El tamaño muestral fue reducido, la muestra fue intencional, el estudio se realizó en una sola institución y no se contó con grupo control, por lo que la validez externa y la atribución causal quedaron restringidas. Del mismo modo, el manuscrito no reportó evidencias formales de validez y confiabilidad del instrumento, ni seguimiento temporal posterior a la intervención, lo que limita la precisión con que puede valorarse la estabilidad del aprendizaje alcanzado.

Estas limitaciones no signifiquen el final del mensaje del informe, pero sí que tendrá que tomarse con cautela la interpretación de sus conclusiones. El estudio advierte que de acuerdo con la experiencia, los hallazgos sugieren que GeoGebra puede ser un recurso útil para la enseñanza de

las funciones cuadráticas en la secundaria en tanto se integre dentro de unidades didácticas centradas en el descubrimiento, representación y resolución de problemas. Esto implica para aquellos que ejercen la docencia, que la capacitación con fines pedagógicos para el uso de herramientas digitales no debería limitarse a cuestiones técnicas, sino que también deberán adquirirse criterios para el diseño de actividades que fomenten la comprensión conceptual. Estos resultados respaldan la integración ordenada de recursos tecnológicos accesibles en la enseñanza matemática, especialmente en un contexto en el que abundan las dificultades para manejar contenidos de gran abstracción.

El alcance de la generalización de estos hallazgos debe verse de una manera analítica, así como también en su contexto, más que por estadísticas. Los resultados son ciertos para el grupo y el contexto estudiado, pero no necesariamente aplicables a otras instituciones ni niveles educativos. Por consiguiente, otras investigaciones futuras pueden replicar el estudio con mayor tamaño de las muestras, estimar los diseños con grupo control, diferenciar los efectos en el primer y el segundo BGU, y analizar las diferentes dimensiones de manera separada; como son la comprensión conceptual, desempeño procedimental, motivación, y transferencia a problemas nuevos. Además, es pertinente, que cuando se trabaja con diseños mixtos, con la finalidad de explorar cómo los estudiantes descifran las representaciones visuales y qué papel desempeña la intervención del profesor en la edificación del significado matemático.

Se establece, por lo tanto, que la intervención con GeoGebra estuvo asociada a una mejora significativa del aprendizaje de las funciones cuadráticas en el grupo estudiado, concordante con una creciente base de investigaciones que atribuye un valor educativo a la visualización dinámica y a la complementación de representaciones. Si bien, el diseño empleado no posibilita arribar a conclusiones causales robustas, ni a generalizaciones extensivas, el estudio aporta pruebas situadas para el caso del bachillerato ecuatoriano y fortalece la idea de que la innovación tecnológica genera efectos más positivos, cuando se encuentra complementada con una propuesta didáctica clara, contextual y metodológicamente establecida.

Conclusiones

La investigación permitió concluir que la intervención didáctica apoyada en GeoGebra se asoció con una mejora del aprendizaje de las funciones cuadráticas en estudiantes de primero y segundo de Bachillerato General Unificado. Además, la comparación sostenida entre el pre test y el post test arrojó un desplazamiento sistemático desde niveles iniciales del dominio bajo hacia categorías

de logro más favorables. En este sentido, se puede concluir que esta herramienta tuvo un efecto positivo en cuanto al fortalecimiento del sentido conceptual, gráfico y procedimental de una típica cadena problemática desarrollada por el contenido. Por lo tanto, se logró el objetivo del estudio en virtud de la constatación de que esta herramienta tuvo un impacto positivo en el contexto educativo estudiado.

Por otro lado, es difícil inferir que el valor pedagógico del GeoGebra radicó simplemente en su condición de recurso digital. Al contrario, lo que pasa es que el programa se vinculó a una secuencia didáctica en particular en la cual permitió que los estudiantes exploraran, visualizaran e interpretaran los elementos de la función cuadrática. La posibilidad de modificar coeficientes y la respuesta tendiente mediante la visualización inmediata de la parábola creó un contexto más comprensivo del contenido contrario a la resolución de problemas basadas en la repetición de procedimientos. En este sentido, complementa sobre la necesidad de articular tecnología, contenido disciplinar y mediación docente en la enseñanza de la matemática escolar.

En lo que respecta a la perspectiva institucional, se puede recomendar la promoción a los directivos educativos de condiciones pedagógicas y organizativas para la incorporación planificada de herramientas como GeoGebra en el área de Matemática. Esto implica no solo fortalecer procesos de formación docente, garantizar la disponibilidad y el acceso funcional a recursos tecnológicos, acompañar la planificación de secuencias didácticas y generar espacios de seguimiento pedagógico para reforzar las innovaciones con sentido formativo. La composición de la tecnología puede ser más efectiva cuando esta inicia de una política escolar que busca una calidad del conocimiento más colindante, y no como un hecho aislado.

No obstante, es necesario tener precaución al interpretar los hallazgos, ya que provienen de una muestra muy pequeña sin grupo control y solo en una institución educativa. Pese a las limitaciones, el estudio entrega evidencia relevante sobre el bachillerato ecuatoriano y apoya el uso organizado de GeoGebra para estudiar contenido de alta abstracción. Por lo tanto, se sugiere desarrollar futuras investigaciones más amplias, otros diseños como cuasi experimentales o experimentales, comparación entre instituciones y análisis de otras variables inciertas generadas en este estudio, como motivación y razonamiento matemático del estudiante, retención del conocimiento, y desempeño del docente en la mediación tecnológica.

Referencias

- Açıkgül, K., & Onuk Keskin, K. (2025). GeoGebra in educational research: A bibliometric analysis. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 13(2), 481–497. <https://doi.org/10.46328/ijemst.4620>
- Ayala Chauvin, M. A., & Luna Romero, R. L. (2025). El uso de GeoGebra para la comprensión de la derivada implícita en ingeniería. *Revista Científica Multidisciplinaria SAPIENTIAE*, 8(16), 376–386. <https://doi.org/10.56124/sapientiae.v8i16.021>
- Azis, Y. M., & Rohaeti, E. E. (2025). A systematic literature review on implementation of GeoGebra: Benefits and challenges in mathematics education. *Infinity*, 14(3), 655–672. <https://doi.org/10.22460/infinity.v14i3.p655-672>
- Caiza, H. I. (2025). Integración de herramientas digitales para fomentar el aprendizaje significativo de matemáticas en bachillerato, período postpandemia. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 8(2), 245–256. <https://doi.org/10.62452/ky2zrf72>
- Calero, J. I., & Veramendi-Vernazza, R. T. (2023). El uso de las TIC en las matemáticas. Una revisión sistemática de la literatura. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 13(26), e058. <https://doi.org/10.23913/ride.v13i26.1512>
- Cepeda, M. G., Cepeda, A. M., Almeida, J. L., & Guamán, M. V. (2025). Actividades educativas para el aprendizaje de funciones cuadráticas en bachillerato. *Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica*, 5(1), 2842–2859. <https://doi.org/10.61384/r.c.a.v5i1.1023>
- Dávila, B. E., Avelino, J. E., Benavides, R. F., & Dávila, D. E. (2024). Impacto del uso del software GeoGebra en el aprendizaje de las funciones cuadráticas en estudiantes de bachillerato. *Revista Minerva*, 5(9), 1–15. <https://doi.org/10.53591/minerva.v5i9.1611>
- Dzulfikar, A., & Turmudi, T. (2024). The role of Geogebra in secondary school mathematics education: A systematic literature review. *AIP Conference Proceedings*, 3220(1), 030005. <https://doi.org/10.1063/5.0234915>
- Fabian, A., Backfisch, I., Kirchner, K., & Lachner, A. (2024). A systematic review and meta-analysis on TPACK-based interventions from a perspective of knowledge integration. *Computers and Education Open*, 7, 100200. <https://doi.org/10.1016/j.cao.2024.100200>
- Flores, A. D., Luna, R. L., Romero, J. E., & Ayala, M. A. (2025). Aplicación de GeoGebra como recurso semiótico en la comprensión del movimiento vertical de cuerpos. *Ciencia Latina*

- Revista Científica Multidisciplinar*, 9(6), 1842–1856.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6.21271
- Hidayat, R., Noor, W. N. W. M., Nasir, N., & Ayub, A. F. M. (2024). The role of GeoGebra software in conceptual understanding and engagement among secondary school student. *Infinity*, 13(2), 317–332. <https://doi.org/10.22460/infinity.v13i2.p317-332>
- 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>
- Kholid, M. N., Hendriyanto, A., Sahara, S., Muhaimin, L. H., Juandi, D., Sujadi, I., Kuncoro, K. S., & Adnan, M. (2023). A systematic literature review of Technological, Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) in mathematics education: Future challenges for educational practice and research. *Cogent Education*, 10(2), 2269047. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2269047>
- Monroy, J. (2024). El uso de las nuevas tecnologías en la enseñanza de las matemáticas: una revisión sistemática. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, (28), 115–140. <https://doi.org/10.51302/tce.2024.18987>
- Andrés, M., Coronel, M. T., Di Rico, E., Luna, J. P., & Sessa, C. (2021). *El papel de las representaciones en la pantalla de GeoGebra en el trabajo matemático del aula. Investigación colaborativa en torno a la enseñanza de funciones en la escuela secundaria. Educación Matemática*, 33(3), 7–38. <https://doi.org/10.24844/em3303.01>
- Nzaramyimana, E., Mukandayambaje, E., Iyamuremye, L., Hakizumuremyi, V., & Ukobizaba, F. (2021). Effectiveness of GeoGebra towards students’ active learning, performance and interest to learn mathematics. *International Journal of Mathematics and Computer Research*, 9(10), 2423–2430. <https://doi.org/10.47191/ijmcr/v9i10.05>
- Pospos, R., & Piñero, B. (2024). Power of GeoGebra in igniting the interest in learning quadratic functions. *Journal of Interdisciplinary Perspectives*, 2(12), 479–489. <https://doi.org/10.69569/jip.2024.0551>
- Raave, D. K., Saks, K., Pedaste, M., & Roldan Roa, E. (2024). How and why teachers use technology: Distinct integration practices in K-12 education. *Education Sciences*, 14(12), 1301. <https://doi.org/10.3390/educsci14121301>

- Sebsibe, A. S., & Abdella, N. M. (2025). The effect of GeoGebra integrated instruction on students' learning of the quadratic function concept [Version 1; peer review: 3 approved]. *F1000Research*, *14*, 671. <https://doi.org/10.12688/f1000research.163113.1>
- Siyam, Y., Siyam, N., Hussain, M., & Alqaryouti, O. (2025). Evaluating technology integration in education: A framework for professional development. *Discover Education*, *4*, 53. <https://doi.org/10.1007/s44217-025-00448-z>
- Tabango, M. B. (2023). *GeoGebra en el aprendizaje para graficar funciones lineales y cuadráticas, en los estudiantes de segundo de Bachillerato de la Institución Educativa Fiscal Luis Napoleón Dillon en la ciudad de Quito en el año lectivo 2021-2022* [Trabajo de titulación de maestría, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Institucional UCE. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/a50e816b-2397-4723-ab1e-c1760b0e4bcd>
- Tong, D. H., Uyen, B. P., Kieu, H. T. D., & Ngan, L. K. (2021). The effectiveness of using GeoGebra software in mathematics classrooms: A case study of teaching continuous functions in high schools. *Journal of Hunan University Natural Sciences*, *48*(9), 257–268. <http://jonuns.com/index.php/journal/article/view/742>
- Vargas, V. M., López Chica, J. A., Villacís Montoya, D. I., & Zambrano Moreno, D. J. (2023). *GeoGebra como estrategia didáctica para el desarrollo del rendimiento académico en el aprendizaje de funciones reales de los estudiantes de tercero de bachillerato de la unidad educativa Camilo Gallegos*. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *7*(1), 9490–9509. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.5142
- Villacís, D. I., Jácome Vélez, W. J., López Chica, J. A., & Córdova Alarcón, J. R. (2023). *Aplicación del software GeoGebra en el aprendizaje de funciones lineales con estudiantes de décimo año de la unidad educativa Manuel De Jesús Calle del cantón Quevedo*. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *7*(1), 9428–9445. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.5139
- Yohannes, A., & Chen, H.-L. (2023). GeoGebra in mathematics education: A systematic review of journal articles published from 2010 to 2020. *Interactive Learning Environments*, *31*(9), 5682–5697. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.2016861>

Copyright (2026) © Karla Rocio Duma Sanchez, Cesar Willam Granda Lazo



Este texto está protegido bajo una licencia internacional Creative Commons 4.0. Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla las condiciones de atribución. Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.