

Aplicación de GeoGebra en la resolución de problemas relacionados con funciones polinomiales en bachillerato

Interpretability analysis using XAI techniques in Machine Learning models for the detection of financial fraud

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo analizar la incidencia del uso de GeoGebra en el aprendizaje de funciones polinomiales en estudiantes de primer año de bachillerato, considerando las dificultades que presentan en la comprensión e interpretación de contenidos matemáticos abstractos. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con diseño no experimental, transversal y de tipo descriptivo-propositivo. La población estuvo conformada por estudiantes de primer año de bachillerato de la Unidad Educativa “Riobamba”, a quienes se aplicó una encuesta estructurada como instrumento principal para la recolección de datos. Asimismo, se implementaron actividades didácticas mediadas por GeoGebra para fortalecer la representación gráfica y el análisis algebraico de funciones polinomiales. Los resultados evidenciaron que los estudiantes presentaban dificultades significativas en la interpretación gráfica, resolución de ecuaciones polinómicas y comprensión del comportamiento de las funciones. Sin embargo, después de la implementación de GeoGebra, se observó una mejora considerable en la comprensión matemática, el razonamiento lógico y la motivación hacia la asignatura. La mayoría de estudiantes manifestó una percepción favorable respecto al uso del software, destacando su utilidad para visualizar y manipular funciones matemáticas de manera dinámica e interactiva. Se concluye que GeoGebra constituye una herramienta didáctica eficaz para fortalecer el aprendizaje significativo de funciones polinomiales en el contexto educativo actual.

Palabras clave: tecnología educativa, aprendizaje matemático, funciones polinomiales.

ABSTRACT

The objective of this research was to analyze the impact of GeoGebra on the learning of polynomial functions in first-year high school students, considering the difficulties they face in understanding and interpreting abstract mathematical content. The study was developed under a quantitative approach, with a non-experimental, cross-sectional, and descriptive-propositional design. The population consisted of first-year high school students from the “Riobamba” Educational Unit, to whom a structured survey was applied as the main data collection instrument. In addition, didactic activities mediated by GeoGebra were implemented to strengthen graphical representation and algebraic analysis of polynomial functions. The results showed that students had significant difficulties in graphical interpretation, solving polynomial equations, and understanding function behavior. However, after the implementation of GeoGebra, a considerable improvement was observed in mathematical understanding, logical reasoning, and motivation toward the subject. Most students expressed a favorable perception regarding the use of the software, highlighting its usefulness for visualizing and manipulating mathematical functions dynamically and interactively. It is concluded that GeoGebra constitutes an effective didactic tool to strengthen meaningful learning of polynomial functions in the current educational context.

Keywords: educational technology, mathematical learning, polynomial functions education; Young adults; Digital interventions; Systematic review.

EDUCATECH

Recepción: 05/05/2026

Aceptación: 23/05/2026

Publicación: 30/06/2026


AUTOR/ES

 Dip. Montes Bazurto Ruby Marlene

 MSc. Herrera Paucar Johanna

 Carolina

 MSc. Teran Aulestia Clara Ortencia

 Lic. Caicedo Vera Lady Diana


 ruby.montes@educacion.gob.ec


 johanna.herrera@educacion.gob.ec


 ortencia.teran@docentes.educacion.edu.ec


 lady.caicedo@educacion.gob.ec

 lady.caicedo@educacion.gob.ec


 Unidad Educativa Dra:Luisa Martin González


 U.E.Dra. Luisa Martin Gonzalez


 Unidad Educativa Doctora Luisa Martínez González

 Unidad Educativa Luisa Martin González

 Guayas - Ecuador

 Guayas - Ecuador

 Guayas - Ecuador

 Guayas – Ecuador

CITACIÓN:

Montes, R., Herrera, J., Teran, C. & Caicedo, L. (2026). Aplicación de GeoGebra en la resolución de problemas relacionados con funciones polinomiales en bachillerato. Revista InnovaSciT. 4 (1), p. 778 – 795.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la incorporación de herramientas tecnológicas en el ámbito educativo ha transformado significativamente los procesos de enseñanza y aprendizaje, especialmente en el área de Matemática. En el contexto del Bachillerato General Unificado (BGU), la enseñanza de funciones polinomiales representa uno de los contenidos de mayor complejidad para los estudiantes debido al nivel de abstracción algebraica y gráfica que exige su comprensión. Frente a esta problemática, el uso de software educativo como GeoGebra surge como una alternativa innovadora que favorece el aprendizaje interactivo, dinámico y significativo de los contenidos matemáticos. Diversos estudios sostienen que la integración de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) permite fortalecer las competencias matemáticas y digitales de los estudiantes, promoviendo una participación activa dentro del proceso educativo (Cázares & Alfonso, 2023).

El tema abordado en este estudio se centra en el uso de GeoGebra para el aprendizaje de funciones polinomiales en estudiantes de primer año de bachillerato. Esta investigación parte de la necesidad de mejorar la comprensión de conceptos algebraicos complejos mediante estrategias didácticas apoyadas en recursos tecnológicos. Las funciones polinomiales constituyen un eje fundamental dentro del currículo de Matemática, ya que permiten desarrollar habilidades relacionadas con el razonamiento lógico, la interpretación gráfica y la resolución de problemas. Sin embargo, muchos estudiantes presentan dificultades para comprender la relación entre la expresión algebraica de una función y su representación gráfica, lo que limita el aprendizaje significativo de estos contenidos (Parrales et al., 2023).

El problema de investigación radica en las limitaciones que presentan los estudiantes de primer año de bachillerato en el aprendizaje de funciones polinomiales debido al predominio de metodologías tradicionales basadas en la memorización mecánica y la repetición de procedimientos algebraicos. Estas prácticas pedagógicas generan desmotivación, apatía y dificultades para interpretar gráficamente las funciones, resolver ecuaciones polinómicas y analizar el comportamiento de las curvas matemáticas (Durán, 2024). Además, la ausencia de recursos interactivos impide que los estudiantes experimenten de manera práctica los conceptos matemáticos, afectando su rendimiento académico y el desarrollo del pensamiento crítico.

La relevancia de esta investigación se fundamenta en la necesidad de fortalecer los procesos de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas mediante la incorporación de herramientas tecnológicas innovadoras. GeoGebra es considerado un software educativo que facilita la visualización dinámica de funciones matemáticas y permite que los estudiantes manipulen variables y observen inmediatamente los cambios en las representaciones gráficas. Esta interacción favorece la comprensión conceptual, incrementa la motivación y promueve el aprendizaje autónomo (Benítez & Martínez, 2023). Asimismo, el uso de GeoGebra responde a

las exigencias educativas del siglo XXI, relacionadas con el desarrollo de competencias digitales y la integración efectiva de las TIC en el aula.

Desde el punto de vista teórico, la investigación se sustenta en los postulados del constructivismo de Piaget y la teoría sociocultural de Vygotsky, quienes plantean que el aprendizaje se construye activamente mediante la interacción con el entorno y la resolución de problemas significativos. Estas teorías destacan la importancia de que el estudiante participe de manera activa en la construcción de conocimientos a través de experiencias prácticas y colaborativas (Ríos & Navarrete, 2023). En este sentido, GeoGebra constituye una herramienta que favorece la experimentación matemática, permitiendo que el estudiante explore, analice y descubra propiedades de las funciones polinomiales mediante la manipulación de gráficos y expresiones algebraicas.

De igual manera, el estudio se apoya en el modelo TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge), el cual establece la integración del conocimiento tecnológico, pedagógico y disciplinar para mejorar los procesos educativos. Este modelo resalta la importancia de que los docentes no solo dominen el contenido matemático, sino también las estrategias pedagógicas y tecnológicas necesarias para facilitar un aprendizaje efectivo (Rivera et al., 2021). Bajo esta perspectiva, GeoGebra se convierte en una herramienta didáctica que fortalece la enseñanza de las funciones polinomiales mediante recursos visuales e interactivos.

En relación con los antecedentes investigativos, diversos estudios evidencian la efectividad de GeoGebra en la enseñanza de las matemáticas. Ruiz (2023) analizó el uso de GeoGebra en la enseñanza de funciones algebraicas y trascendentales, concluyendo que esta herramienta mejora significativamente el rendimiento académico y la comprensión de conceptos matemáticos. Asimismo, Mera y Fosado (2022) desarrollaron una propuesta metodológica basada en GeoGebra para la enseñanza de funciones polinómicas, demostrando que el uso de recursos digitales fortalece las capacidades lógicas y matemáticas de los estudiantes. Por otra parte, Lema y Sinaluisa (2022) identificaron dificultades relacionadas con operaciones polinómicas e interpretación gráfica, proponiendo actividades didácticas mediante GeoGebra para dinamizar el aprendizaje matemático.

En el contexto ecuatoriano, el Ministerio de Educación promueve la integración de herramientas tecnológicas dentro del currículo priorizado de Matemática, con el propósito de desarrollar competencias digitales, pensamiento crítico y habilidades para la resolución de problemas (Ministerio de Educación, 2021). No obstante, aún existen brechas educativas relacionadas con el acceso y la aplicación efectiva de recursos tecnológicos en las instituciones educativas, particularmente en la enseñanza de contenidos algebraicos complejos como las funciones polinomiales.

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo general analizar la incidencia del uso de GeoGebra en el aprendizaje de funciones polinomiales en estudiantes de

primer año de bachillerato, con la finalidad de fortalecer la comprensión matemática mediante estrategias didácticas innovadoras. De manera específica, se busca identificar las principales dificultades de aprendizaje relacionadas con las funciones polinomiales y determinar cómo el uso de GeoGebra contribuye al desarrollo del razonamiento lógico y la interpretación gráfica de funciones. Se plantea como hipótesis que la utilización de GeoGebra mejora significativamente el aprendizaje de funciones polinomiales, favoreciendo la comprensión de conceptos algebraicos y el rendimiento académico de los estudiantes.

MÉTODOS MATERIALES

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, debido a que permitió recolectar, analizar e interpretar datos numéricos relacionados con el aprendizaje de funciones polinomiales mediante el uso de GeoGebra en estudiantes de primer año de bachillerato. Este enfoque facilitó la medición objetiva de las dificultades de aprendizaje y de la incidencia de las herramientas tecnológicas dentro del proceso educativo, utilizando procedimientos estadísticos para la interpretación de los resultados obtenidos. Según Sánchez (2020), la investigación cuantitativa se caracteriza por el uso sistemático de técnicas de recolección de datos orientadas a la medición y análisis estadístico de variables observables. En este sentido, la metodología cuantitativa permitió describir las problemáticas existentes en el aprendizaje de funciones polinomiales y analizar el impacto del uso de GeoGebra como herramienta didáctica.

El estudio se enmarcó dentro del paradigma positivista, el cual sostiene que el conocimiento científico se obtiene mediante la observación, medición y análisis de fenómenos verificables. Bajo esta perspectiva, se buscó identificar las dificultades que presentan los estudiantes en el aprendizaje de funciones polinomiales y establecer la relación entre el uso de GeoGebra y la mejora de la comprensión matemática. El paradigma positivista permitió trabajar con variables definidas y datos cuantificables, garantizando objetividad y rigurosidad científica durante el desarrollo de la investigación.

La investigación fue de tipo descriptiva y propositiva. Fue descriptiva porque permitió caracterizar las dificultades de aprendizaje relacionadas con las funciones polinomiales en estudiantes de primer año de bachillerato, analizando las condiciones del proceso de enseñanza-aprendizaje sin manipular las variables de estudio. Además, fue propositiva debido a que, a partir del diagnóstico realizado, se planteó una alternativa pedagógica basada en el uso de GeoGebra como recurso didáctico para fortalecer la comprensión de las funciones polinomiales. Este tipo de investigación permitió no solo identificar las problemáticas existentes, sino también generar una propuesta orientada a mejorar la práctica educativa mediante la incorporación de herramientas tecnológicas innovadoras.

En cuanto al diseño metodológico, el estudio correspondió a un diseño no experimental, debido a que las variables fueron observadas y analizadas en su contexto natural,

sin manipulación deliberada de las mismas. Hernández et al. (2021) sostienen que en las investigaciones no experimentales los fenómenos son estudiados tal como ocurren en la realidad, permitiendo comprender las características y relaciones existentes entre las variables. En este caso, se analizó el aprendizaje de funciones polinomiales y el uso de GeoGebra en el contexto educativo habitual de los estudiantes, sin alterar las dinámicas propias del aula.

Asimismo, la investigación presentó un diseño transversal, ya que la recolección de datos se realizó en un único momento temporal, permitiendo obtener una visión concreta de la situación educativa respecto al aprendizaje de funciones polinomiales y la integración de GeoGebra en el aula. Este diseño permitió identificar las principales dificultades de los estudiantes y conocer sus percepciones sobre el uso de herramientas tecnológicas en Matemática durante el periodo académico correspondiente.

La investigación se desarrolló en la Unidad Educativa “Riobamba”, institución perteneciente al sistema educativo ecuatoriano, donde se trabajó con estudiantes de primer año de bachillerato. Este contexto educativo fue seleccionado debido a que en este nivel se introduce formalmente el estudio de funciones polinomiales como parte del currículo del Bachillerato General Unificado (BGU). Además, los estudiantes se encuentran en una etapa de fortalecimiento del pensamiento algebraico y de la interpretación gráfica, aspectos fundamentales para el aprendizaje de las matemáticas. La elección de esta institución respondió también a la necesidad de implementar estrategias didácticas innovadoras que contribuyan a mejorar el rendimiento académico y la motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje matemático.

La población estuvo conformada por los estudiantes de primer año de bachillerato de la Unidad Educativa “Riobamba”. Debido a que la cantidad de estudiantes era manejable y accesible para la investigación, se trabajó con la totalidad de la población, aplicando un muestreo no probabilístico por conveniencia. Este tipo de muestreo permitió seleccionar a los participantes de acuerdo con la disponibilidad y accesibilidad dentro del contexto educativo. Según Otzen y Manterola (2020), el muestreo por conveniencia se utiliza cuando los participantes reúnen características específicas relacionadas con el objeto de estudio y se encuentran disponibles para participar en la investigación.

Como criterios de inclusión se consideró a los estudiantes legalmente matriculados en primer año de bachillerato, que asistieran regularmente a clases de Matemática y que aceptaran participar voluntariamente en la investigación mediante el consentimiento informado correspondiente. Asimismo, se incluyeron estudiantes que tuvieran acceso básico a dispositivos tecnológicos necesarios para la utilización de GeoGebra dentro de las actividades académicas. Por otra parte, los criterios de exclusión contemplaron a estudiantes con inasistencia recurrente, aquellos que no entregaron el consentimiento informado y quienes no participaron de manera completa en las actividades propuestas durante el proceso

investigativo.

Para la recolección de datos se empleó la técnica de la encuesta, debido a que permitió obtener información directa sobre las dificultades de aprendizaje de los estudiantes, así como sus percepciones respecto al uso de GeoGebra en la enseñanza de funciones polinomiales. La encuesta constituyó una herramienta adecuada para recopilar datos cuantificables relacionados con el nivel de comprensión matemática, el interés hacia la asignatura y el uso de recursos tecnológicos en el aula.

El instrumento utilizado fue un cuestionario estructurado compuesto por preguntas cerradas de opción múltiple y escala tipo Likert, diseñado en función de las variables de estudio. El cuestionario estuvo orientado a identificar las dificultades en la interpretación gráfica de funciones polinomiales, el manejo de operaciones algebraicas, la resolución de problemas matemáticos y el nivel de aceptación del uso de GeoGebra como herramienta didáctica. Además, se incluyeron preguntas relacionadas con la motivación, participación e interacción de los estudiantes durante las clases de Matemática apoyadas en recursos tecnológicos.

Para garantizar la validez del instrumento, el cuestionario fue sometido a un proceso de validación mediante juicio de expertos, quienes evaluaron la pertinencia, claridad y coherencia de cada uno de los ítems en relación con los objetivos de la investigación. Los especialistas pertenecían al área de Matemática y metodología de la investigación, asegurando así la calidad científica del instrumento aplicado. Posteriormente, se realizó una prueba piloto con un grupo reducido de estudiantes de características similares a la población objeto de estudio, permitiendo identificar posibles dificultades de comprensión y realizar ajustes necesarios antes de la aplicación definitiva.

La confiabilidad del instrumento fue determinada mediante el cálculo del coeficiente Alfa de Cronbach, utilizado para medir la consistencia interna de los ítems del cuestionario. Este procedimiento permitió verificar el nivel de fiabilidad del instrumento y garantizar que las respuestas obtenidas fueran coherentes y estables. De acuerdo con Hernández et al. (2021), un coeficiente Alfa de Cronbach superior a 0,70 indica una adecuada consistencia interna en investigaciones educativas.

El procedimiento metodológico inició con la autorización de las autoridades de la institución educativa para el desarrollo de la investigación. Posteriormente, se informó a los estudiantes sobre los objetivos del estudio y se solicitó su participación voluntaria mediante la firma del consentimiento informado. Luego se aplicó el cuestionario diagnóstico con la finalidad de identificar las principales dificultades relacionadas con el aprendizaje de funciones polinomiales y conocer el nivel de familiaridad de los estudiantes con herramientas tecnológicas como GeoGebra.

Posteriormente, se desarrollaron actividades didácticas apoyadas en GeoGebra para el

aprendizaje de funciones polinomiales. Estas actividades incluyeron la representación gráfica de funciones, análisis del comportamiento de curvas, identificación de raíces, máximos y mínimos relativos, así como la manipulación de coeficientes y parámetros algebraicos dentro del software. La utilización de GeoGebra permitió que los estudiantes interactuaran dinámicamente con los contenidos matemáticos, fortaleciendo la comprensión conceptual y el razonamiento lógico.

Durante el desarrollo de las actividades se utilizó la observación estructurada como técnica complementaria para registrar el nivel de participación, motivación e interacción de los estudiantes dentro del aula. Para ello, se empleó una guía de observación que permitió recopilar información relacionada con el desempeño académico y la actitud de los estudiantes frente al uso de herramientas tecnológicas en Matemática.

Una vez finalizada la aplicación de las actividades didácticas, se procedió a la recolección y organización de la información obtenida. Los datos fueron tabulados y procesados mediante herramientas estadísticas descriptivas utilizando tablas y gráficos porcentuales para facilitar la interpretación de resultados. Este análisis permitió identificar tendencias, frecuencias y niveles de incidencia relacionados con el aprendizaje de funciones polinomiales y el uso de GeoGebra.

En relación con las consideraciones éticas, la investigación se desarrolló respetando los principios de confidencialidad, voluntariedad y anonimato de los participantes. Los estudiantes fueron informados sobre los objetivos y procedimientos del estudio, garantizando que la información recopilada sería utilizada exclusivamente con fines académicos y científicos. Asimismo, se aseguró el respeto a la integridad y dignidad de cada participante durante todas las etapas del proceso investigativo.

Entre las limitaciones de la investigación se identificó la disponibilidad limitada de recursos tecnológicos en determinados momentos del proceso educativo, así como el nivel inicial de conocimiento de algunos estudiantes respecto al manejo de herramientas digitales. Además, el tiempo destinado para la implementación de las actividades con GeoGebra resultó limitado en relación con la amplitud de contenidos matemáticos abordados en el currículo de primer año de bachillerato. Sin embargo, estas limitaciones no afectaron significativamente el cumplimiento de los objetivos planteados ni el desarrollo general de la investigación.

Finalmente, la metodología empleada permitió obtener información válida y confiable acerca de las dificultades que presentan los estudiantes en el aprendizaje de funciones polinomiales y la incidencia positiva del uso de GeoGebra como herramienta didáctica. La combinación de estrategias cuantitativas, técnicas de recolección estructuradas y recursos tecnológicos favoreció el desarrollo de una investigación rigurosa, coherente y pertinente para el contexto educativo actual.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

La presente investigación permitió identificar las principales dificultades que presentan los estudiantes de primer año de bachillerato en el aprendizaje de funciones polinomiales y analizar la incidencia del uso de GeoGebra como herramienta didáctica dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje. Los resultados obtenidos evidencian que la incorporación de recursos tecnológicos interactivos favorece la comprensión de contenidos matemáticos complejos, fortalece la motivación estudiantil y mejora la interpretación gráfica y algebraica de las funciones polinomiales. A continuación, se presentan los hallazgos más relevantes organizados mediante tablas estadísticas y su respectivo análisis interpretativo.

Tabla 1

Dificultades de aprendizaje relacionadas con funciones polinomiales

Dificultades identificadas	Frecuencia	Porcentaje
Interpretación gráfica de funciones	14	35%
Resolución de ecuaciones polinómicas	10	25%
Identificación de raíces y extremos	8	20%
Operaciones algebraicas con polinomios	6	15%
Comprensión del comportamiento de la función	2	5%
Total	40	100%

Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes de primer año de bachillerato.

Los resultados evidencian que la principal dificultad presentada por los estudiantes corresponde a la interpretación gráfica de funciones polinomiales, con un 35% de incidencia. Este hallazgo demuestra que los estudiantes presentan limitaciones para relacionar las expresiones algebraicas con sus representaciones gráficas, dificultando el análisis del comportamiento de las funciones. Asimismo, el 25% de los estudiantes manifestó problemas en la resolución de ecuaciones polinómicas, mientras que el 20% indicó dificultades para identificar raíces y extremos relativos de las funciones.

Estos resultados coinciden con lo expuesto por Parrales et al. (2023), quienes sostienen que los estudiantes presentan problemas para comprender la relación entre la representación algebraica y gráfica de las funciones polinomiales. Además, Durán (2024) afirma que las metodologías tradicionales centradas en la memorización generan dificultades en la comprensión profunda de conceptos matemáticos complejos. En este sentido, los hallazgos justifican la necesidad de implementar herramientas tecnológicas como GeoGebra para favorecer procesos de visualización e interacción matemática.

Tabla 2

Nivel de motivación de los estudiantes antes del uso de GeoGebra

Nivel de motivación	Frecuencia	Porcentaje
Muy bajo	12	30%
Bajo	15	37,5%
Medio	8	20%
Alto	4	10%
Muy alto	1	2,5%
Total	40	100%

Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes de primer año de bachillerato.

Los datos obtenidos reflejan que el 67,5% de los estudiantes presentaba niveles de motivación entre bajos y muy bajos antes de la implementación de GeoGebra. Esta situación evidencia la apatía y desinterés hacia el aprendizaje de Matemática, especialmente en contenidos relacionados con funciones polinomiales. La limitada participación estudiantil se relaciona directamente con el uso de metodologías tradicionales que priorizan procedimientos mecánicos y repetitivos. Estos resultados guardan relación con Yumisaca (2024), quien sostiene que la enseñanza tradicional de las matemáticas genera desmotivación y rechazo hacia la asignatura. Asimismo, Ríos y Navarrete (2023) destacan que el uso de recursos tecnológicos incrementa la participación activa de los estudiantes y fortalece el aprendizaje autónomo. En consecuencia, la baja motivación inicial identificada en esta investigación evidencia la importancia de incorporar estrategias didácticas innovadoras apoyadas en herramientas digitales.

Tabla 3

Percepción estudiantil sobre el uso de GeoGebra en el aprendizaje de funciones polinomiales

Percepción	Frecuencia	Porcentaje
Muy favorable	18	45%
Favorable	15	37,5%
Neutral	5	12,5%
Desfavorable	2	5%
Muy desfavorable	0	0%
Total	40	100%

Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes de primer año de bachillerato.

Los resultados muestran que el 82,5% de los estudiantes manifestó una percepción favorable o muy favorable respecto al uso de GeoGebra en el aprendizaje de funciones polinomiales. Los estudiantes señalaron que el software facilitó la comprensión de conceptos abstractos, mejoró la interpretación gráfica y permitió visualizar dinámicamente el comportamiento de las funciones matemáticas. Estos hallazgos coinciden con Benítez y

Martínez (2023), quienes indican que GeoGebra mejora significativamente la comprensión matemática mediante representaciones dinámicas e interactivas. Del mismo modo, Lucas y Aray (2023) sostienen que la visualización gráfica fortalece el aprendizaje significativo y favorece el reconocimiento de patrones matemáticos. Por tanto, la percepción positiva evidenciada en este estudio confirma la efectividad pedagógica de GeoGebra como herramienta de apoyo didáctico.

Tabla 4

Nivel de comprensión de funciones polinomiales después de utilizar GeoGebra

Nivel de comprensión	Frecuencia	Porcentaje
Muy alto	14	35%
Alto	16	40%
Medio	7	17,5%
Bajo	3	7,5%
Muy bajo	0	0%
Total	40	100%

Fuente: Evaluación aplicada posterior a la implementación de GeoGebra.

Los resultados obtenidos evidencian una mejora significativa en el nivel de comprensión de funciones polinomiales después de la aplicación de actividades didácticas apoyadas en GeoGebra. El 75% de los estudiantes alcanzó niveles altos y muy altos de comprensión, demostrando mayor capacidad para interpretar gráficas, identificar raíces y analizar el comportamiento de las funciones. Estos resultados respaldan lo planteado por Ruiz (2023), quien afirma que GeoGebra contribuye significativamente al rendimiento académico y a la comprensión de conceptos matemáticos complejos. Asimismo, Ortiz (2024) señala que las herramientas digitales favorecen el aprendizaje significativo y fortalecen la resolución de problemas matemáticos. En este contexto, el uso de GeoGebra permitió transformar el aprendizaje de las funciones polinomiales en una experiencia más dinámica, interactiva y comprensible para los estudiantes.

Tabla 5

Impacto del uso de GeoGebra en el aprendizaje matemático

Impacto identificado	Frecuencia	Porcentaje
Mejóro la comprensión gráfica	16	40%
Incrementó la motivación	10	25%
Facilitó la resolución de ejercicios	7	17,5%
Favoreció el aprendizaje autónomo	5	12,5%
Fortaleció el trabajo colaborativo	2	5%
Total	40	100%

Fuente: Encuesta aplicada posterior al uso de GeoGebra.

Los resultados demuestran que el principal impacto del uso de GeoGebra fue la mejora en la comprensión gráfica de funciones polinomiales, representando el 40% de las respuestas obtenidas. Además, el 25% de los estudiantes indicó que el software incrementó su motivación hacia el aprendizaje matemático, mientras que otros participantes destacaron la facilidad para resolver ejercicios y desarrollar aprendizajes autónomos.

Estos hallazgos permiten afirmar que GeoGebra constituye una herramienta innovadora y pertinente dentro del proceso educativo actual, debido a que fortalece competencias matemáticas y digitales de manera simultánea. Los resultados obtenidos coinciden con el modelo TPACK propuesto por Rivera et al. (2021), el cual sostiene que la integración tecnológica mejora significativamente los procesos pedagógicos y disciplinares. La novedad científica del estudio radica en evidenciar cómo el uso de GeoGebra transforma la enseñanza tradicional de funciones polinomiales en experiencias dinámicas, interactivas y centradas en el estudiante, contribuyendo al fortalecimiento del aprendizaje significativo dentro del Bachillerato General Unificado.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la presente investigación evidencian que el uso de GeoGebra influye positivamente en el aprendizaje de funciones polinomiales en estudiantes de primer año de bachillerato, especialmente en aspectos relacionados con la comprensión gráfica, la interpretación algebraica y la motivación hacia el aprendizaje matemático. A partir de los hallazgos identificados, se confirma que las dificultades existentes en el aprendizaje de funciones polinomiales están asociadas principalmente a metodologías tradicionales centradas en la memorización mecánica y en procesos repetitivos que limitan el razonamiento lógico y la construcción significativa del conocimiento matemático.

Uno de los principales hallazgos de la investigación fue la dificultad que presentan los estudiantes para interpretar gráficamente las funciones polinomiales y relacionarlas con sus expresiones algebraicas. Este resultado coincide con lo planteado por Parrales et al. (2023), quienes sostienen que gran parte de los estudiantes de bachillerato presentan limitaciones para comprender el comportamiento de las funciones debido a la complejidad abstracta de los contenidos algebraicos. De igual manera, Durán (2024) afirma que la enseñanza tradicional basada únicamente en procedimientos algebraicos impide que los estudiantes desarrollen habilidades de análisis, interpretación y modelación matemática.

En este contexto, GeoGebra permitió disminuir dichas dificultades mediante representaciones dinámicas e interactivas que facilitaron la visualización inmediata de las funciones y sus transformaciones. Los estudiantes lograron identificar con mayor facilidad raíces, máximos, mínimos, intersecciones y comportamiento de las curvas, fortaleciendo así la comprensión conceptual de las funciones polinomiales. Estos resultados guardan relación con lo expuesto por Lucas y Aray (2023), quienes manifiestan que las herramientas digitales

favorecen el aprendizaje visual y permiten que los estudiantes comprendan fenómenos matemáticos complejos mediante procesos de experimentación y observación directa.

Asimismo, los resultados obtenidos demuestran que la incorporación de GeoGebra incrementó significativamente la motivación y participación de los estudiantes durante las clases de Matemática. Antes de la aplicación de las actividades didácticas, la mayoría de estudiantes mostraba desinterés, inseguridad y apatía frente a los contenidos relacionados con funciones polinomiales. Sin embargo, posteriormente se evidenció una percepción favorable respecto al uso del software, destacando aspectos como la facilidad de uso, la interacción dinámica y la posibilidad de comprender matemáticas de forma más práctica y visual.

Estos hallazgos coinciden con Yumisaca (2024), quien señala que la aplicación de herramientas tecnológicas disminuye el rechazo que muchos estudiantes presentan hacia las matemáticas y favorece ambientes de aprendizaje más participativos e inclusivos. Del mismo modo, Benítez y Martínez (2023) sostienen que GeoGebra fortalece la motivación estudiantil debido a que transforma los contenidos abstractos en experiencias visuales y manipulables, permitiendo una participación más activa dentro del aula.

Desde la perspectiva constructivista, los resultados obtenidos respaldan los postulados teóricos de Piaget y Vygotsky, quienes sostienen que el aprendizaje ocurre de manera significativa cuando el estudiante interactúa activamente con su entorno y construye el conocimiento mediante experiencias concretas. Durante la implementación de GeoGebra, los estudiantes no solo observaron las funciones polinomiales, sino que también manipularon coeficientes, analizaron gráficas y experimentaron cambios dinámicos en tiempo real. Esta interacción permitió desarrollar procesos cognitivos relacionados con la exploración, el razonamiento lógico y la resolución de problemas matemáticos.

Ríos y Navarrete (2023) afirman que el uso de tecnologías educativas fortalece el aprendizaje activo y favorece la construcción autónoma del conocimiento matemático. Los resultados de esta investigación corroboran dicha afirmación, ya que los estudiantes mostraron mayor interés en explorar las funciones y resolver ejercicios utilizando herramientas digitales. Además, el aprendizaje dejó de centrarse únicamente en la explicación del docente para orientarse hacia procesos más participativos y colaborativos.

Otro aspecto relevante identificado en la investigación fue la mejora significativa en el nivel de comprensión de las funciones polinomiales después de la aplicación de GeoGebra. Los estudiantes demostraron mayor capacidad para interpretar gráficas, resolver ecuaciones polinómicas y analizar el comportamiento de las funciones. Este hallazgo coincide con Ruiz (2023), quien concluye que GeoGebra mejora el rendimiento académico en Matemática y fortalece la comprensión de contenidos algebraicos complejos.

La mejora observada también puede explicarse a partir del enfoque visual e interactivo que caracteriza a GeoGebra. Según Gómez et al. (2021), las representaciones gráficas

dinámicas permiten que los estudiantes relacionen conceptos algebraicos y geométricos de manera simultánea, facilitando procesos de razonamiento matemático más profundos. En este sentido, la presente investigación evidencia que la utilización de recursos visuales favorece significativamente la comprensión de contenidos abstractos dentro del Bachillerato General Unificado.

En relación con el modelo TPACK, los resultados permiten afirmar que la integración adecuada de tecnología, pedagogía y contenido disciplinar contribuye al fortalecimiento de los procesos de enseñanza-aprendizaje en Matemática. El uso de GeoGebra no solo representó la incorporación de una herramienta tecnológica, sino también la implementación de estrategias didácticas innovadoras orientadas a mejorar la comprensión matemática. Rivera et al. (2021) destacan que el modelo TPACK permite a los docentes integrar recursos tecnológicos de manera coherente con los contenidos curriculares y las necesidades de aprendizaje de los estudiantes.

En esta investigación se observó que la tecnología tuvo un papel mediador dentro del proceso educativo, favoreciendo la interacción entre estudiantes, contenidos y actividades matemáticas. Asimismo, la utilización de GeoGebra permitió diversificar las estrategias metodológicas utilizadas en el aula, fortaleciendo procesos de aprendizaje significativo y autonomía estudiantil. Estos resultados coinciden con Rodríguez y Acurio (2021), quienes afirman que la integración tecnológica en Matemática facilita la adaptación de contenidos complejos a diferentes estilos y ritmos de aprendizaje.

Por otra parte, la investigación también permitió identificar ciertas limitaciones relacionadas con el uso de recursos tecnológicos dentro del contexto educativo. Algunos estudiantes presentaron dificultades iniciales en el manejo de GeoGebra debido a la escasa familiarización previa con herramientas digitales. Además, la limitada disponibilidad de equipos tecnológicos en ciertos momentos dificultó el desarrollo continuo de las actividades planificadas. Estos resultados coinciden con Arroyo (2022), quien sostiene que una de las principales limitaciones en la integración de las TIC en educación es la necesidad de capacitación tecnológica tanto para docentes como para estudiantes.

No obstante, a pesar de estas limitaciones, los resultados generales demuestran que GeoGebra constituye una herramienta didáctica eficaz para la enseñanza de funciones polinomiales. Su aplicación permitió fortalecer competencias matemáticas y digitales de manera simultánea, respondiendo a las necesidades educativas del siglo XXI y a las exigencias del currículo del Bachillerato General Unificado. Además, el uso de herramientas tecnológicas favoreció el desarrollo del pensamiento crítico, la resolución de problemas y el aprendizaje autónomo, aspectos fundamentales dentro de la formación integral de los estudiantes.

La novedad científica de la investigación radica en evidenciar cómo la integración de GeoGebra transforma los procesos tradicionales de enseñanza de las funciones polinomiales

mediante metodologías interactivas centradas en el estudiante. A diferencia de enfoques convencionales basados en ejercicios mecánicos y memorísticos, el uso de GeoGebra permitió que los estudiantes construyeran el conocimiento matemático a partir de la exploración, la visualización y la experimentación dinámica.

Asimismo, la investigación aporta evidencia empírica sobre la pertinencia del uso de herramientas digitales en la enseñanza de contenidos algebraicos dentro del contexto ecuatoriano, contribuyendo al fortalecimiento de las líneas de investigación relacionadas con innovación educativa, tecnologías aplicadas a la educación y didáctica de la matemática. Los resultados obtenidos pueden servir como referencia para futuras investigaciones orientadas a la incorporación de recursos tecnológicos en otros contenidos matemáticos y niveles educativos.

Finalmente, los hallazgos permiten concluir que el uso de GeoGebra favorece significativamente el aprendizaje de funciones polinomiales en estudiantes de primer año de bachillerato, mejorando la comprensión conceptual, la interpretación gráfica y la motivación hacia el aprendizaje matemático. La implementación de estrategias didácticas apoyadas en tecnologías digitales representa una alternativa pertinente e innovadora para fortalecer la calidad educativa y responder a los desafíos actuales de la enseñanza de las matemáticas.

CONCLUSIONES

La presente investigación permitió evidenciar que el uso de GeoGebra constituye una herramienta didáctica eficaz para fortalecer el aprendizaje de funciones polinomiales en estudiantes de primer año de bachillerato. Los resultados obtenidos demostraron que la incorporación de recursos tecnológicos interactivos favorece significativamente la comprensión gráfica y algebraica de las funciones, permitiendo a los estudiantes desarrollar mayores niveles de análisis, interpretación y razonamiento matemático. En este sentido, se comprobó que las estrategias metodológicas apoyadas en herramientas digitales generan experiencias de aprendizaje más dinámicas y participativas en comparación con los métodos tradicionales de enseñanza.

A partir de los hallazgos alcanzados, se concluye que una de las principales dificultades que presentan los estudiantes en el aprendizaje de funciones polinomiales está relacionada con la interpretación gráfica y la comprensión de conceptos abstractos. Estas limitaciones se encuentran asociadas al predominio de prácticas pedagógicas centradas en la memorización mecánica y la resolución repetitiva de ejercicios, las cuales reducen las posibilidades de aprendizaje significativo. Frente a esta problemática, GeoGebra permitió transformar los procesos de enseñanza-aprendizaje mediante actividades interactivas que facilitaron la visualización y manipulación de funciones matemáticas en tiempo real.

Asimismo, se determinó que el uso de GeoGebra incrementa la motivación y el interés de los estudiantes hacia la asignatura de Matemática. La posibilidad de interactuar

directamente con representaciones gráficas dinámicas favoreció una mayor participación dentro del aula y fortaleció el aprendizaje autónomo. Los estudiantes mostraron una actitud más positiva frente a los contenidos matemáticos, especialmente en temas relacionados con funciones polinomiales, evidenciando que el uso de tecnologías educativas contribuye a reducir la percepción de dificultad y desinterés que frecuentemente acompaña a esta área del conocimiento.

Otro aspecto relevante identificado en la investigación fue la importancia de integrar herramientas tecnológicas dentro de las estrategias pedagógicas implementadas por los docentes. La aplicación del modelo TPACK permitió comprender que la incorporación efectiva de GeoGebra no depende únicamente del dominio tecnológico, sino también de la capacidad del docente para relacionar el contenido matemático con metodologías activas e innovadoras. En consecuencia, la integración adecuada entre pedagogía, tecnología y contenido disciplinar favorece procesos de aprendizaje más significativos y contextualizados.

De igual manera, se concluye que GeoGebra fortalece el desarrollo de competencias matemáticas fundamentales, como la resolución de problemas, el pensamiento lógico y la interpretación de representaciones algebraicas y gráficas. Los estudiantes lograron identificar con mayor facilidad raíces, intersecciones, máximos, mínimos y comportamiento de las funciones polinomiales, aspectos que tradicionalmente generan dificultades dentro del proceso educativo. Esto demuestra que las herramientas digitales permiten abordar contenidos complejos desde perspectivas más accesibles y comprensibles para los estudiantes de bachillerato.

La investigación también permitió reflexionar sobre la necesidad de modernizar los procesos de enseñanza de las matemáticas dentro del sistema educativo ecuatoriano. A pesar de los avances tecnológicos y de las políticas educativas orientadas a la integración de las TIC, aún persisten limitaciones relacionadas con el acceso a recursos digitales, capacitación docente y disponibilidad de infraestructura tecnológica en determinadas instituciones educativas. Estas condiciones representan desafíos importantes para garantizar una implementación efectiva y sostenible de herramientas tecnológicas dentro del aula.

En este contexto, resulta fundamental que las instituciones educativas promuevan procesos permanentes de formación docente relacionados con el uso pedagógico de herramientas digitales aplicadas a la enseñanza de las matemáticas. La capacitación continua permitirá que los docentes desarrollen competencias tecnológicas y metodológicas necesarias para diseñar experiencias de aprendizaje innovadoras, acordes con las necesidades educativas actuales y con las características de los estudiantes del siglo XXI.

Por otra parte, los resultados obtenidos evidencian que la incorporación de GeoGebra no debe entenderse únicamente como un recurso complementario, sino como una estrategia pedagógica capaz de transformar la dinámica tradicional del aprendizaje matemático. La

interacción, exploración y experimentación que ofrece este software favorecen procesos cognitivos más profundos y permiten que el estudiante asuma un rol activo dentro de la construcción del conocimiento. En consecuencia, el aprendizaje deja de centrarse exclusivamente en la transmisión de contenidos para orientarse hacia experiencias participativas y significativas.

Finalmente, aunque la investigación permitió alcanzar los objetivos planteados, también deja abiertas nuevas interrogantes que podrían ser abordadas en futuros estudios. Resulta pertinente profundizar en investigaciones relacionadas con el impacto de GeoGebra en otros contenidos matemáticos, como cálculo diferencial, geometría analítica o estadística, así como analizar su incidencia en distintos niveles educativos. Asimismo, sería importante desarrollar investigaciones comparativas entre instituciones educativas urbanas y rurales para identificar diferencias en el acceso, aplicación y efectividad de herramientas tecnológicas dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje.

De igual manera, futuras investigaciones podrían incorporar enfoques metodológicos mixtos o longitudinales que permitan analizar con mayor profundidad los cambios en el rendimiento académico y las competencias matemáticas a largo plazo. También se considera relevante estudiar la percepción docente sobre la integración de GeoGebra y las principales barreras existentes para su implementación en el contexto educativo ecuatoriano.

En síntesis, la investigación demuestra que GeoGebra constituye una herramienta innovadora y pertinente para fortalecer el aprendizaje de funciones polinomiales en estudiantes de primer año de bachillerato. Su aplicación favorece la comprensión matemática, incrementa la motivación estudiantil y promueve procesos de enseñanza más dinámicos e interactivos, contribuyendo significativamente al mejoramiento de la calidad educativa en el área de Matemática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arroyo, J. (2022). Competencias digitales docentes y uso de GeoGebra en la enseñanza de Matemática. *Revista Educación y Tecnología*, 18(2), 45-58.
- Benítez, L., & Martínez, P. (2023). GeoGebra como recurso didáctico para el aprendizaje significativo de funciones algebraicas. *Revista Latinoamericana de Educación Matemática*, 15(1), 77-92.
- Carrillo, M., Gómez, R., & Salazar, D. (2022). Estándares educativos y competencias matemáticas en bachillerato. *Revista Científica de Educación*, 11(3), 102-118.
- Castro, J., & Fonseca, H. (2020). Competencias matemáticas en estudiantes de educación media. *Revista Iberoamericana de Educación*, 84(2), 55-70.
- Durán, E. (2024). Estrategias metodológicas para la enseñanza de funciones polinomiales en bachillerato. *Revista Innovación Educativa*, 19(1), 34-49.
- Gómez, F., Herrera, J., & Molina, S. (2021). Herramientas digitales para el aprendizaje de álgebra y funciones matemáticas. *Revista Educación Matemática*, 33(2), 88-105.
- Guzmán, A., & Vesga, L. (2024). GeoGebra y aprendizaje interactivo de funciones polinomiales. *Revista Tecnologías Educativas*, 14(2), 65-81.
- Haro, P., Cedeño, M., & Torres, E. (2024). Investigación de campo aplicada a contextos educativos. *Revista Metodología Científica*, 10(1), 22-39.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2021). *Metodología de la investigación* (7.^a ed.). [McGraw-Hill México](#)
- Lucas, D., & Aray, V. (2023). Visualización matemática mediante GeoGebra en educación secundaria. *Revista de Innovación Matemática*, 8(3), 119-133.
- Lema, P., & Sinaluisa, J. (2022). Dificultades en el aprendizaje de operaciones polinómicas en estudiantes de bachillerato. *Revista Académica de Matemática y Educación*, 6(1), 50-66.
- Mera, K., & Fosado, M. (2022). Propuesta metodológica basada en GeoGebra para funciones polinómicas. *Revista Ciencia y Educación*, 7(2), 89-104.
- Ministerio de Educación. (2021). Currículo priorizado para el Bachillerato General Unificado en Matemática. [Ministerio de Educación del Ecuador](#)
- Otzen, T., & Manterola, C. (2020). Técnicas de muestreo sobre una población de estudio. *International Journal of Morphology*, 38(1), 227-232.
- Párraga, M., Rivera, D., & Zambrano, P. (2024). Uso de GeoGebra para fortalecer competencias matemáticas en bachillerato. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 26(4), 1-15.
- Rivera, A., López, G., & Andrade, M. (2021). Modelo TPACK y enseñanza de Matemática apoyada en TIC. *Revista Tecnología y Educación*, 13(1), 40-57.
- Rodríguez, C., & Acurio, S. (2021). Integración tecnológica en la enseñanza de

funciones matemáticas. *Revista Pedagogía Contemporánea*, 12(2), 71-85.

Ríos, P., & Navarrete, L. (2023). Constructivismo y aprendizaje matemático mediado por tecnologías digitales. *Revista de Ciencias de la Educación*, 9(2), 98-114.

Ruiz, J. (2023). GeoGebra y rendimiento académico en Matemática de bachillerato. *Revista Educación y Desarrollo*, 17(1), 55-70.

Yumisaca, D. (2024). Motivación estudiantil y herramientas digitales en Matemática. *Revista Andina de Educación*, 11(1), 44-60.

CONFLICTO DE INTERÉS:

Los autores declaran que no existen conflicto de interés posibles.

FINANCIAMIENTO

No existió asistencia de financiamiento de parte de pares externos al presente artículo.

NOTA:

El artículo no es producto de una publicación anterior