

USO DE GEOGEBRA EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE CÁLCULO EN EL ÁREA DE MATEMÁTICA

USE OF GEOGEBRA IN PROBLEM-SOLVING IN THE FIELD OF MATHEMATICS

Recibido: 18/05/2024 - Aceptado: 15/01/2025

Katty Soraya Guanochanga Llerena

Universidad Politécnica Estatal del Carchi
Posgrado

Magíster en Educación, Tecnología e Innovación
Universidad Politécnica Estatal del Carchi

katty.guanochanga@upec.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0007-7616-764X>

Darwin Fabricio Casaliglla Ger

Universidad Politécnica Estatal del Carchi
Posgrado

Máster en Ingeniería Matemática y Computación
Universidad Internacional de la Rioja

darwin.casaliglla@upec.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-1343-0814>

Guanochanga, K., & Casaliglla, D. (febrero, 2025). GeoGebra en la resolución de problemas de cálculo en el área de Matemática. *Sathiri*, 41 – 55. <https://doi.org/10.32645/13906925.1327>



Resumen

La investigación abordó la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas en la educación primaria, con un enfoque particular en la resolución de problemas, identificado como una dificultad para los estudiantes. El objetivo fue proponer el uso de GeoGebra como recurso didáctico para abordar esta dificultad en estudiantes de cuarto año de Educación General Básica en la Unidad Educativa Bolívar en Tulcán. La metodología incluyó un enfoque mixto, de diseño cuasiexperimental, de tipo preexperimental, con la aplicación de un pretest y posttest en tres grupos, sin grupo de control. Se realizaron entrevistas a docentes y encuestas a estudiantes para comprender sus perspectivas y habilidades previas con GeoGebra. Se llevaron a cabo el pretest y el posttest, el primero en clases convencionales y el segundo, empleando GeoGebra; se evaluó la resolución de problemas en base a fases y métricas específicas. Se realizaron pruebas de normalidad, ANOVA de una vía y se calculó el N-Gain para determinar la diferencia de los grupos. Los resultados indican que los docentes reconocen la necesidad de usar GeoGebra y que los estudiantes tienen inconvenientes en la resolución de problemas debido a dificultades de razonamiento. Los estudiantes expresaron no haber usado GeoGebra, pero mostraron interés en su uso. Los datos fueron paramétricos y no hubo diferencias significativas entre los grupos. No obstante, se observó una mejora entre los puntajes del pretest y el posttest, aunque no se encontraron diferencias significativas entre las fases y el puntaje. En conclusión, el uso de GeoGebra se configura como un recurso positivo para el aprendizaje de las matemáticas.

Palabras clave: GeoGebra, matemáticas, gamificación, resolución de problemas, educación primaria.

Abstract

The research addressed the teaching and learning of mathematics in primary education, with a particular focus on problem-solving, identified as a difficulty for students. The objective was to propose the use of GeoGebra as a didactic resource to address this difficulty in fourth-grade students of Basic General Education at the Bolívar Educational Unit in Tulcán. The methodology included a mixed approach of quasi-experimental design of the pre-experimental type, with a pretest-posttest design in three groups, without a control group. Interviews with teachers and surveys of students were conducted to understand their perspectives and prior skills with GeoGebra. Pretests and posttest were carried out, the first in conventional classes and the second, using GeoGebra; problem-solving was evaluated based on specific phases and metrics. Normality tests, one-way ANOVA, and N-Gain were calculated to determine the difference between groups. The results indicated that teachers see the need to use GeoGebra and that students have difficulties in problem-solving due to reasoning problems. Students expressed not having used GeoGebra, but showed interest in its use. The data were parametric, and there were no significant differences between groups. However, an improvement was observed between pretest and posttest scores, although no significant differences were found between phases and scores. In conclusion, the use of GeoGebra is shown as a positive resource for learning mathematics.

Keywords: GeoGebra, mathematics, gamification, problem-solving, primary education.

Introducción

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2022) ha señalado la necesidad de fortalecer la enseñanza de la matemática, dada su significancia para los procesos cotidianos. Sin embargo, su aprendizaje presenta desafíos considerables, lo que ha generado apatía entre los estudiantes de primaria (Quintero, 2021). En este contexto la resolución de problemas se destaca como una de las áreas más difíciles de abordar (Meneses y Peñaloza, 2019). Wynn (1990) ha observado que los niños de 2 a 3 años desarrollan una representación mental abstracta, mientras que, entre los 3 y 6 años, demuestran habilidades para realizar operaciones y comparaciones matemáticas. A pesar de ello, los niños de estas edades enfrentan dificultades para interpretar situaciones planteadas en problemas matemáticos.

Es esencial abordar estos desafíos desde las primeras etapas del desarrollo educativo para mejorar la comprensión y fomentar el entusiasmo por el aprendizaje de las matemáticas (Tipaz, 2021). En este sentido, el motivo para desarrollar la investigación se enfoca en mejorar las habilidades de resolución de problemas de los estudiantes de primaria, considerando las complejidades del sistema educativo y las limitaciones inherentes a la enseñanza convencional. Un ejemplo claro de esto se encuentra en el trabajo de Meneses y Peñaloza (2019) quienes señalan que la resolución de problemas se aborda desde una perspectiva simplista, priorizando la búsqueda de soluciones en lugar del desarrollo de competencias interpretativas.

Además, estudios como el de Sepúlveda et al. (2016) sugieren que el bajo rendimiento en matemáticas puede atribuirse a factores complejos como el entorno escolar y la metodología monótona de enseñanza. Minte et al. (2020) complementan esta idea al señalar la presión que enfrentan los docentes para cubrir los contenidos obligatorios, lo que a menudo enfatiza un enfoque de aprendizaje mecánico. A nivel nacional, mediante las pruebas implementadas por el Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEVAL, 2022), se diagnosticó que todos los estudiantes del subnivel de básica media precisan una intervención inmediata en la resolución de problemas numéricos, referidos a ejemplos de la vida cotidiana e intervienen números naturales, decimales, fraccionarios, propiedades, reglas de redondeo, algoritmos de las operaciones, entre otros.

En este ámbito, la gamificación surge como una solución al ser una estrategia que motiva el aprendizaje significativo (Vélez et al., 2024). Integrar elementos de juego en el proceso de enseñanza de las matemáticas aumenta la participación de los estudiantes, fomenta un aprendizaje activo y mejora la comprensión de conceptos matemáticos complejos (Cobeña y Cedeño, 2022). No obstante, García-Lázaro y Martín-Nieto (2023) establecen que el empleo de recursos tecnológicos con fines pedagógicos está condicionado por las competencias digitales previas, tanto de los profesores como del alumnado. En la misma línea, Farfán et al. (2023) consideran que la educación requiere de docentes con competencias tecnológicas para la gestión de entornos virtuales y el uso de herramientas tecnológicas con el fin de planificar, organizar, evaluar y tomar de decisiones eficaces para mejorar la enseñanza, especialmente en el campo de la matemática. Vaillant et al. (2020) señalan que las aplicaciones más utilizadas en este campo son la Plataforma Adaptativa de Matemática (PAM) y GeoGebra. Esta última es la que genera mayor interés, dado que agrupa de manera dinámica la geometría, álgebra y cálculo; además, es fácil de manipular, accesible, de instalación automática y multiplataforma (Arteaga et al., 2019). GeoGebra apoya a la resolución de problemas, pues genera información significativa en aspecto gráfico, esto influye en la percepción abstracta de la matemática permitiendo su aprendizaje dinámico (Enrique y Fernández, 2020).

Bajo esta premisa, el problema de investigación se resume a cómo el uso del software GeoGebra desarrolla competencias en la resolución de problemas de cálculo en la asignatura de Matemáticas, de cuarto año de Educación General Básica de la Unidad Educativa Bolívar, de la ciudad de Tuluán.

La aplicación de GeoGebra en la enseñanza de matemáticas en educación primaria ha sido objeto de varias investigaciones recientes. De las Fuentes y Aguilar (2022) llevaron a cabo un análisis cuantitativo para evaluar el impacto de una secuencia didáctica que integra GeoGebra y la resolución de problemas en el desarrollo de habilidades matemáticas en estudiantes de este nivel educativo. Por otro lado, Cobeña y Cedeño (2022) exploraron el potencial de GeoGebra en el contexto de la educación primaria, enfocándose en mejorar el razonamiento lógico y el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Además, Handayani et al. (2022) investigaron la mejora de las habilidades de resolución de problemas matemáticos en estudiantes, utilizando GeoGebra, y demostraron un rendimiento superior, en comparación con la enseñanza convencional. Kurniawati et al. (2021) también examinaron el impacto del Aprendizaje Basado en Problemas asistido por GeoGebra en la mejora de habilidades matemáticas, al constatar un progreso sustancial en la capacidad de resolver problemas después de la intervención.

Asimismo, Suratno y Kurnia (2023) exploraron cómo la integración de GeoGebra en el aprendizaje basado en problemas afecta la capacidad de resolución de problemas en estudiantes de octavo grado, y encontraron una mejora estadísticamente significativa en las habilidades de resolución de problemas. Por último, Selvy et al. (2020) y Kustiawati et al. (2019) examinaron el impacto del uso de GeoGebra en el pensamiento creativo matemático, la motivación de los estudiantes y la resolución de problemas geométricos en la vida cotidiana. Ambos estudios hallaron resultados positivos sobre la efectividad de GeoGebra como herramienta de aprendizaje matemático.

El estudio de las matemáticas desde edades tempranas es reconocido, tradicionalmente, como fundamental para el desarrollo de habilidades cognitivas y la resolución de problemas en la vida cotidiana (Guaypatín et al., 2024). Sin embargo, diversos estudios han revelado un preocupante porcentaje de fracaso en el aprendizaje matemático, especialmente en áreas que involucran cálculos, como aritmética, geometría y probabilidad. Este panorama se evidencia en informes como el del INEVAL (2022), que señala la necesidad de intervención inmediata en estudiantes de diferentes niveles educativos para abordar problemas numéricos y geométricos asociados a situaciones cotidianas. Ante esta realidad, surge la necesidad de explorar técnicas pedagógicas que fomenten el interés y la participación de los estudiantes en el aprendizaje de las matemáticas, entre las cuales se destaca el uso de la gamificación como herramienta de enseñanza, capaz de promover modelos de aprendizaje activos y cooperativos (Domínguez et al., 2022).

El empleo de tecnologías educativas, como el software GeoGebra, se presenta como una alternativa prometedora para abordar estas dificultades en la enseñanza y comprensión de las matemáticas. El potencial de GeoGebra en la resolución de problemas matemáticos ha sido destacado por diversos autores como Mendoza (2002), quien enfatiza la necesidad de aprovechar los recursos que ofrecen las herramientas digitales en el aula de matemáticas para mejorar el aprendizaje de los estudiantes. Estos problemas de aprendizaje se relacionan con la teoría constructivista, puesto que Vygotsky manifestó que el aprendizaje debe ser dinámico, de modo que la nueva información que se recibe se reúna con las experiencias y las estructuras mentales previas (Muñoz, 2020). De este modo el nuevo conocimiento y la interacción con GeoGebra se integra con las experiencias previas y se aplican en el diario vivir, especialmente en la resolución de problemas que fomentan el pensamiento crítico. GeoGebra facilita la manipulación y visualización de objetos matemáticos, lo que facilita la comprensión conceptual y la construcción de conocimiento (Pagnutti et al., 2019). Otra teoría relevante es la del aprendizaje basado en juegos, debido a que fomenta la motivación y el compromiso de aprendizaje de los estudiantes al emplear juegos y actividades lúdicas en el proceso. Las características interactivas y de visualización de GeoGebra fomentan un aprendizaje divertido y atractivo para los estudiantes, especialmente los de educación básica (González y Álvarez, 2022).

Dentro de este marco, se justifica la realización de una investigación enfocada en analizar el impacto del uso de GeoGebra en la enseñanza de resolución de problemas en el área de matemáticas

para estudiantes de educación primaria, particularmente dirigida a los alumnos de cuarto año de Educación General Básica de la Unidad Educativa Bolívar, ubicada en Tulcán. Este estudio no sólo permitió explorar el potencial de GeoGebra como herramienta pedagógica, sino que también contribuyó al desarrollo de estrategias efectivas para fortalecer las competencias matemáticas de los estudiantes, en un contexto educativo cada vez más digitalizado y centrado en el desarrollo de habilidades comunicacionales y socioemocionales.

Bajo este contexto, se plantea el objetivo de proponer el uso de GeoGebra como recurso didáctico para la resolución de problemas en el área de Matemáticas, de los estudiantes de cuarto año de Educación General Básica de la Unidad Educativa Bolívar, de la ciudad de Tulcán.

Materiales y métodos

Diseño de investigación

El estudio adoptó un enfoque mixto. El enfoque cualitativo se centró en las perspectivas de los participantes y, a través de él, se recopiló información, tanto de los docentes como de los estudiantes, especialmente sobre la situación previa a utilizar GeoGebra. Por otro lado, el enfoque cuantitativo se basó en datos numéricos para abordar las preguntas de investigación, como los tiempos de resolución, la cantidad de problemas resueltos y las calificaciones obtenidas. El tipo investigación fue de campo, ya que se utilizaron técnicas de recolección de datos en el lugar de la problemática. Se aplicaron entrevistas, ejercicios y encuestas.

Esta investigación se enmarca en un diseño cuasiexperimental, de tipo preexperimental, utilizando el diseño pretest-posttest en tres grupos, sin grupo de control. Este diseño implica la observación inicial de un grupo de estudiantes antes de la intervención, seguida de la aplicación del tratamiento y finalmente, la evaluación posterior. La resolución de problemas mediante la plataforma GeoGebra fue el tratamiento experimental, pues se analizó su efecto en las habilidades de resolución de problemas matemáticos de estudiantes de cuarto grado.

Área de estudio y participantes

La investigación se llevó a cabo en la Unidad Educativa Bolívar, situada en la ciudad de Tulcán, provincia de Carchi. La institución, al 2024, contaba con 2008 alumnos y un cuerpo docente compuesto por 100 profesionales. Dispone de cuatro laboratorios de computación; no obstante, el acceso a internet es limitado, lo que afecta el desarrollo de actividades tecnológicas.

La población de estudio estuvo formada por 90 estudiantes de cuarto año de Educación General Básica de la Unidad Educativa Bolívar, es decir, 30 estudiantes por curso, pertenecientes a los paralelos A, B y C. Los cursos se seleccionaron debido a la facilidad logística para impartir clases con ellos, pues el programa de estudios ya incluía el uso de GeoGebra y se destinaba un mayor número de horas de enseñanza a estos cursos. Las características de los estudiantes incluyeron un rango de edad de 8 a 9 años, con una distribución de género de 68 % de hombres y 32 % de mujeres, y un 90 % de alumnos de origen étnico mestizo. Además, participaron tres docentes, cuya función fue informar sobre las metodologías de enseñanza y sus posturas con respecto al uso de la gamificación y, específicamente, de GeoGebra.

Técnicas e instrumentos

La entrevista se aplicó a los tres docentes del área de matemáticas. Se realizó un guion con 16 preguntas abiertas enfocadas en la formación académica y experiencia los profesores, los desafíos en la enseñanza de temas complicados de matemáticas, las metodologías y estrategias para la enseñanza, el uso de herramientas digitales, la reacción de los estudiantes, la participación en capacitaciones, la aplicación de GeoGebra, las ventajas percibidas, el tiempo de realización de

ejercicios, el impacto en la enseñanza y la disposición para utilizarla en clases. Previo a su aplicación, se realizó un proceso de evaluación de la validez y confiabilidad de los instrumentos bajo el criterio de tres expertos en el tema. Además, se dirigieron solicitudes de consentimiento hacia los docentes previo a su aplicación.

Para analizar las dificultades que enfrentan los estudiantes en el aprendizaje de las matemáticas, se diseñó una encuesta compuesta por 8 preguntas cerradas con selección múltiple. Estas preguntas abordaron aspectos como datos demográficos, temas difíciles de entender, uso de GeoGebra, nivel de habilidades en su utilización, asimilación de conocimientos, preferencia de uso. Además, se implementó una pregunta filtro en la encuesta, lo que significa que, si los estudiantes indicaban que no estaban familiarizados con GeoGebra, se les redirigía automáticamente a la última pregunta del cuestionario. La encuesta se administró a través de la plataforma Google Forms para facilitar la interpretación de las preguntas y se llevó a cabo durante una clase con la guía del docente de Matemáticas, para disminuir el sesgo de información. También se probó la validez y confiabilidad del instrumento con tres expertos para asegurar la viabilidad del contenido. De igual manera, se envió un consentimiento dirigido a los padres de los estudiantes para informarles sobre la investigación.

La evaluación de la resolución de problemas se realizó mediante una ficha, con las cuatro fases de resolución de problemas presentes en Handayani et al. (2022), que son: entender el problema (datos), planear la solución (razonamiento), ejecutar el plan (operación) e interpretar los resultados (respuestas). Las métricas para calificar se tomaron de Kurniawati et al. (2021): no menciona lo que sabe (valor 0), indica lo que sabe incorrectamente (valor 1), indica lo que sabe correctamente (valor 2). Se aplicaron tres problemas en clase convencional (pretest), empleando hojas de papel, que el docente calificó con base en los resultados presentados. Este procedimiento se empleó para determinar las habilidades previas de resolución de problemas de los estudiantes.

Para mejorar la capacidad de resolver problemas matemáticos, se utilizó GeoGebra durante una clase que incorporó recursos multimedia, como videos, para explicar el tema. Después de la explicación, se resolvieron tres problemas extraídos de la plataforma, los cuales fueron previamente preparados por Javier Cayetano Rodríguez, disponibles en el siguiente *link*: <https://www.geogebra.org/m/g7SfqryY>. Estos se centraron en presupuesto para compras y cantidad de ropa adquirida, alternando entre cantidades de ítems para aplicar las operaciones de suma, multiplicación y resta. Estos problemas se resolvieron directamente en la computadora de modo que el docente calificó el resultado observado en pantalla, con base a la ficha de pretest. La propuesta tuvo el objetivo de resolver problemas cotidianos como el uso de dinero, para la aplicación del razonamiento, empleando la plataforma de GeoGebra.

La evaluación de los datos procedentes de las fichas de pretest y postest partió con la prueba de normalidad, mediante el método de Shapiro-Wilk, debido a que la cantidad de datos era inferior a 50. Se organizaron tres grupos de estudio, dado que las evaluaciones se aplicaron a cada paralelo por separado, con el propósito de identificar posibles influencias de variables externas a la implementación de GeoGebra. Posteriormente, se empleó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía, considerando el grupo, la prueba (pretest o posttest), las variables (etapas de resolución de problemas) y el puntaje. Finalmente, se aplicó la fórmula N-Gain, propuesta por Kurniawati et al. (2021), para determinar el nivel de mejora en las habilidades de resolución de problemas. Los autores establecen criterios para clasificar el resultado final de las habilidades (Tabla 1)

$$N - Gain = \frac{Spost - Spre}{SMI - Spre}$$

Donde:

Spre: puntuación de pretest

Spost: puntuación de postest

SMI: máxima puntuación obtenida si los estudiantes respondieran perfectamente.

Tabla 1.
Criterios para clasificar el N-Gain

Puntuación de ganancia N (N-gain)	Criterios
$N\text{-gain} \geq 0,70$	Alto
$0,30 \leq N\text{-gain} < 0,70$	Medio
$N\text{-gain} < 0,30$	Bajo

Nota. Adaptado de Kurniawati et al. (2021)

Resultados y discusión

Competencias tecnológicas en docentes

En gran parte de las disciplinas académicas, se emplean los juegos para el aprendizaje, dado que contienen componentes sociales y plantean simulaciones del mundo real que el estudiante percibe como significativas para su vida (Ortiz et al., 2018). No obstante, el uso de la gamificación debe acompañarse de la capacitación de los docentes. Farfán et al. (2023) sostienen que, en el ámbito educativo, es fundamental contar con docentes que posean competencias tecnológicas para la gestión de entornos virtuales y la utilización de herramientas tecnológicas. Esto les permite planificar, organizar, evaluar y tomar decisiones de manera eficaz para mejorar la calidad de la enseñanza, especialmente en el campo de las matemáticas.

La entrevista se aplicó en las instalaciones de la Unidad Educativa, de forma directa y se registró en un dispositivo móvil. Como resultado, se obtuvo que los tres entrevistados coincidieron en que la resolución de problemas constituye un tema complicado en el aprendizaje matemático de los niños. Los docentes consideran como causas principales, la falta de razonamiento y el proceso de memorización que se promueve en el aprendizaje actual. Este resultado es similar a los alcanzados por Kurniawati et al. (2021) y De las Fuentes y Aguilar (2022), en los que se observó que los estudiantes enfrentan dificultades significativas en la resolución de problemas matemáticos. Esta dificultad se atribuye, según los autores, a una falta de exposición a problemas de mayor complejidad y a la ausencia de entrenamiento en habilidades de resolución de problemas y comunicación matemática.

Los docentes de la Unidad Educativa Bolívar no tienen competencias tecnológicas desarrolladas, pues sólo uno de ellos emplea una plataforma digital para la enseñanza de Matemáticas. No obstante, esta es básica y se denomina Educa. Los docentes restantes emplean videos y recursos convencionales como material gráfico, libros, reglas, material de reciclaje, e incluso ejemplifican con situaciones cotidianas para mejorar la experiencia de aprendizaje de los niños. Por ende, las competencias digitales son limitadas e influyen en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la matemática, lo que se comprueba en las investigaciones de Farfán et al. (2023) y García-Lázaro y Martín-Nieto (2023), donde la mejora del aprendizaje se condicionó por las limitadas competencias digitales de los docentes.

Específicamente, respecto del uso de GeoGebra, se obtuvo que ningún docente conoce la aplicación y no la ha utilizado en clases. Ortiz et al. (2018) identificaron que la capacitación es clave para el desarrollo de habilidades en los docentes, porque fortalece el proceso de enseñanza-aprendizaje. A pesar de desconocerla, los tres docentes plantearon que les gustaría utilizarla y

adquirir competencias tecnológicas para utilizar herramientas digitales que mejoren la enseñanza. Pero también indicaron que enfrentan desafíos prácticos para hacerlo, debido a los escasos recursos tecnológicos, como internet o equipos de cómputo, que posee la institución. Los docentes resaltan que los estudiantes muestran entusiasmo y motivación al enfrentarse a recursos digitales, lo que los anima a participar activamente y mantener la atención en clase. Esto es similar a lo encontrado por Molina y Rivadeneira (2023), quienes identificaron que las aplicaciones están diseñadas para captar la atención del alumno, promoviendo la interactividad en el proceso de aprendizaje.

Dificultades de los estudiantes en el aprendizaje de la resolución de problemas

La matemática tiene el objetivo de desarrollar las habilidades de resolución de problemas acorde al plan de estudios de las escuelas secundarias. No obstante, Handayani et al. (2022) identificaron que más del 50 % de los estudiantes no tienen estas habilidades. Sepúlveda et al. (2016) también establecieron que este bajo rendimiento podría deberse a situaciones complejas como el ambiente escolar y la enseñanza monótona. Este resultado es similar al obtenido en la encuesta aplicada, pues el 93 % de los estudiantes consideró que el tema que representa mayor dificultad es la resolución de problemas matemáticos. En contraste Wynn (1990) determinó que, en la edad de primaria, los estudiantes son capaces de resolver problemas empleando operaciones básicas. En el contexto de la Unidad Educativa Bolívar, los docentes, en sus entrevistas, expresaron la falta de un proceso educativo adecuado que desarrolle la capacidad de razonar en los estudiantes, independientemente de su edad.

La encuesta reveló que el 67 % de los estudiantes no conocía GeoGebra. No obstante, al 98 % de los estudiantes le gustaría utilizarla. Se estableció como pregunta filtro el uso previo de GeoGebra para obtener datos fieles a la realidad; por ello, en los siguientes parámetros sólo contestaron los estudiantes que la han usado. El 57 % consideró que sus habilidades en el uso de GeoGebra son buenas, pero tiene dudas. El 57 % empleó GeoGebra porque le permitía ver el proceso para resolver el problema. En un aspecto interesante, el 100 % consideró que el uso de la aplicación se le dificultaba. Finalmente, el 71 % de los estudiantes estuvo totalmente de acuerdo en que el uso de GeoGebra contribuiría a asimilar conocimientos de manera apropiada, corroborando el criterio de Peñalva et al. (2019) respecto a que, al integrar recursos multimedia, se incrementan el interés y las habilidades de los estudiantes.

Se evaluó a 90 estudiantes, divididos entre tres grupos de 30 alumnos cada uno, correspondientes a diferentes paralelos (Tabla 2). A los tres grupos, por separado, se les aplicó el pretest y postest. El primero consistió en resolver tres ejercicios en clase convencional, es decir, usando papel, lápiz y una ficha de evaluación empleada por el docente para la valoración. En cambio, el postest se aplicó a lo largo de tres días, en clases con GeoGebra, mediante la resolución de tres ejercicios por día.

Tabla 2.
Detalles del grupo de estudio

Grupo	pretest	postest
Clase A	X	X
Clase B	X	X
Clase C	X	X

Se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, debido a la cantidad de datos menor a 50. Para comprobar el tipo de datos se emplearon las siguientes hipótesis: los datos son paramétricos

(H^0) y los datos no son paramétricos (H^1). El p -valor, tanto para el pretest y postest, fue mayor a 0,05; en consecuencia, se aceptó la hipótesis nula.

Tabla 3.
Prueba de normalidad Shapiro-Wilk

		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
pretest	Datos	0,787	3	0,085
	Razonamiento	0,955	3	0,593
	Operación	0,936	3	0,510
	Respuesta	1,000	3	1,000
postest	Datos	0,787	3	0,363
	Razonamiento	0,955	3	0,363
	Operación	0,936	3	1,000
	Respuesta	1,000	3	0,463

De izquierda a derecha, se detalla el grupo evaluado, la prueba a la que pertenece (pretest y postest), la variable estudiada y el puntaje final. El puntaje se calculó sumando las calificaciones obtenidas por los estudiantes en los ejercicios establecidos (Tabla 4).

Tabla 4.
Datos analizados

Grupo	Prueba	Variable	Puntaje
1	1	1	104
1	1	2	62
1	1	3	51
1	1	4	54
1	2	1	172
1	2	2	172
1	2	3	174
1	2	4	169
2	1	1	84
2	1	2	73
2	1	3	59
2	1	4	56
2	2	1	176
2	2	2	177
2	2	3	176
2	2	4	172
3	1	1	103
3	1	2	57

3	1	3	48
3	1	4	55
3	2	1	171
3	2	2	176
3	2	3	175
3	2	4	173

Nota. El grupo se etiquetó como: Grupo A (1); Grupo B (2); Grupo C (3). Prueba: Pretest (1); Postest (2). Variables: Datos (1); Razonamiento (2); Operación (3); Respuesta (4).

El ANOVA comparó la variabilidad entre los grupos (sumas de cuadrados entre grupos) con la variabilidad dentro de los grupos (sumas de cuadrados dentro de los grupos) para determinar la existencia de diferencias significativas entre los grupos de estudiantes, en términos de los puntajes obtenidos. El estadístico F fue 0,003, lo que exhibió una variabilidad extremadamente baja entre los grupos, en comparación con la variabilidad dentro de los grupos. De igual forma, el valor de significancia (Sig.) fue de 0,997, mucho mayor que el nivel de significancia de 0,05; es decir, no hubo suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula, de que no hay diferencias significativas entre los grupos en términos de los puntajes (Tabla 5). En otras palabras, entre los paralelos A, B y C no hubo diferencias significativas a nivel de puntaje.

Tabla 5.
ANOVA de una vía grupo y puntaje

ANOVA					
	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	18,750	2	9,375	0,003	0,997
Dentro de grupos	72224,875	21	3439,280		
Total	72243,625	23			

En los resultados de ANOVA entre pruebas (pretest y postest) y los puntajes de los estudiantes, se obtuvo un p-valor de <0,001, es decir, hubo una diferencia significativa entre las pruebas en términos de puntajes alcanzados. Esto sugiere que la herramienta GeoGebra entre las pruebas presentó un impacto significativo en los puntajes de los estudiantes (Tabla 6). Estos resultados son similares a los encontrados por Kurniawati et al. (2021), Suratno y Kurnia (2023), Kustiawati et al. (2019) y Selvy et al. (2020), en los que se identificaron diferencias significativas entre los grupos intervenidos con GeoGebra y los grupos de control, a favor del uso de GeoGebra, dados sus resultados positivos en el aprendizaje.

Tabla 6.
ANOVA de una vía de prueba y puntaje

ANOVA					
	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	67947,042	1	67947,042	347,912	<0,001
Dentro de grupos	4296,583	22	195,299		
Total	72243,625	23			

También se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para las variables estudiadas: fases de resolución de problemas (datos, razonamiento, operación y resultado) y los puntajes obtenidos. La suma de cuadrados entre grupos fue relativamente pequeña en comparación con la suma de cuadrados dentro de los grupos, lo que demostró que la variabilidad entre las variables de estudio dentro de la prueba es baja, en comparación con la variabilidad dentro de las mismas variables. De igual manera, el valor de *p* fue de 0,911, el cual es muy alto. Con ello, se determinó que no hubo diferencias significativas entre las variables de estudio y los puntajes obtenidos (Tabla 7).

Tabla 7.
ANOVA de una vía para variables y puntaje

ANOVA					
	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1856,458	3	618,819	0,176	0,911
Dentro de grupos	70387,167	20	3519,358		
Total	72243,625	23			

Los autores Kurniawati et al. (2021) plantearon la fórmula N-Gain para determinar el grado de mejora. Se aplicó esta fórmula y se obtuvo un puntaje de 0,94. De acuerdo con los autores, las habilidades se clasifican como altas, pues el valor supera el 0,70. Aunque, Handayani et al. (2022) y Kurniawati et al. (2021) emplearon la misma metodología de N-Gain para evaluar las habilidades, los resultados difieren significativamente con 0,55 y 0,10, respectivamente, siendo el alcanzado en la presente investigación, el más alto. No obstante, se debe considerar que los tiempos de aplicación fueron diferentes; en este caso, se emplearon tres días de clase, mientras que los autores mencionados emplearon meses para el desarrollo del experimento.

A nivel general, se coincide con las investigaciones previas, acerca de que el uso de GeoGebra potencia el aprendizaje de las matemáticas en la educación primaria y en otros niveles de educación. No obstante, se presentó la limitación del tiempo de implementación del estudio, lo que impidió identificar otras variables que pudieran influir en el aprendizaje de las matemáticas. Esto se evidenció en que el curso B obtuvo mayores calificaciones que los otros cursos evaluados. Asimismo, no se identificaron variables que hayan intervenido, dado que los docentes emplearon la misma metodología para el experimento, la cantidad de estudiantes era la misma y se utilizaron las mismas horas. En consecuencia, se establece como tema futuro de estudio, las variables externas a la gamificación que influyen en el aprendizaje de las matemáticas.

Otra limitación del estudio fue el escaso acceso a internet y computadoras, lo cual disminuyó el tiempo de interacción con la plataforma. Esto también representó un sesgo de información, ya que los estudiantes copiaban respuestas y no razonaban la resolución del problema. En este sentido, se requiere emplear técnicas complementarias a la tecnología para mejorar el razonamiento, con aplicaciones prácticas que eviten la dependencia de los dispositivos.

Conclusiones

Es evidente que la integración de herramientas tecnológicas, como GeoGebra, puede tener un impacto significativo en la mejora de las habilidades de resolución de problemas en matemáticas. Por lo tanto, es crucial que los docentes desarrollen competencias tecnológicas sólidas para utilizar eficazmente estas herramientas en el aula. Los docentes deben capacitarse en el uso de tecnología educativa y estar al tanto de las últimas innovaciones en el campo para optimizar su enseñanza y mejorar el rendimiento de los estudiantes.

Los resultados de los estudios revisados sugieren que muchos estudiantes enfrentan dificultades significativas en la resolución de problemas matemáticos, especialmente cuando se trata de problemas no rutinarios o de alto nivel. Estas dificultades pueden atribuirse a una variedad de factores, que van desde la falta de exposición a problemas desafiantes hasta la falta de comprensión conceptual. Es necesario que los educadores identifiquen y aborden estas dificultades mediante enfoques pedagógicos efectivos, incluida la implementación de estrategias de enseñanza centradas en el desarrollo de habilidades de resolución de problemas y el fomento del pensamiento crítico.

Los hallazgos demuestran consistentemente que el uso de GeoGebra, una herramienta de software dinámica y visual, puede tener un impacto positivo en el aprendizaje y la mejora de las habilidades de resolución de problemas en matemáticas. GeoGebra proporciona a los estudiantes una plataforma interactiva para explorar conceptos matemáticos, experimentar con visualizaciones y realizar investigaciones activas. Al permitir a los estudiantes interactuar con conceptos abstractos de manera tangible y visual, GeoGebra puede mejorar la comprensión conceptual y promover un aprendizaje más profundo y significativo de las matemáticas. Por lo tanto, su integración en el aula puede ser una estrategia efectiva para mejorar el rendimiento de los estudiantes en matemáticas.

Referencias

Arteaga, E., Medina, J., & Del Sol, J. (2019). El GeoGebra: una herramienta tecnológica para aprender Matemática en la Secundaria Básica haciendo matemática. *Revista Conrado*, 15(70), 102–108. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1990-86442019000500102Yscript=sci_arttextYtIIng=pt

Cobeña, S., & Cedeño, F. (2022). Estrategia metodológica basada en la resolución de problemas para la enseñanza del razonamiento lógico-matemático. *Revista Cognosis*, VII(1), 207–216. <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Cognosis/article/view/5274/6671>

De las Fuentes, M., & Aguilar, W. (2022). Secuencia didáctica apoyada con el software GeoGebra y problemas de optimización para el estudio de conceptos de cálculo diferencial. *Innovación Educativa*, 22, 9–35. <https://www.ipn.mx/assets/files/innovacion/docs/Innovacion-Educativa-90/Secuencia-didactica-apoyada-con-el-software.pdf>

Domínguez, S., Pérez, M., & Pérez, E. (2022). Ambientes de aprendizaje para favorecer competencias matemáticas en educación básica. *Revista RedCA*, 5(13), 144–162. <https://revistaredca.uaemex.mx/article/view/18790/13905>

Enrique, W., & Fernández, P. (2020). Resolución de problemas matemáticos en GeoGebra. *Revista Do Instituto GeoGebra de São Paulo*, 9(1), 26–42. <https://doi.org/10.23925/2237-9657.2020.v9i1p26-42>

Farfán, J., Huerto, E., Flores, J., & Sánchez, J. (2023). Competencias digitales en docentes de matemática en la educación básica: una reflexión teórica. *Religación. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 8(37), 1–10. <https://doi.org/http://doi.org/10.46652/rgn.v8i37.1066>

García-Lázaro, D., & Martín-Nieto, R. (2023). Competencia matemática y digital del futuro docente mediante el uso de GeoGebra. *Alteridad*, 18(1), 85–101. <https://www.redalyc.org/journal/4677/467774008007/467774008007.pdf>

González, A., & Álvarez, A. (2022). Aprendizaje basado en juegos para aprender una segunda lengua en educación superior. *Innoeduca: International Journal of Technology and Educational Innovation*, 8(2), 114–128. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8687343>

Guaypatín, O., Díaz, D., & Changuán, S. (2024). La importancia de la matemática para el desarrollo del pensamiento. *Revista Científica de Innovación Educativa y Sociedad Actual*, 4(2), 31–40. <https://doi.org/10.62305/alcon.v4i2.97>

Handayani, E., Kusnawati, E., Mutiara, N., Yaniawati, P., & Zulkarnaen, M. (2022). Implementation of geogebra-assisted creative problem-solving model to improve problem solving ability and learning interest students. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*, 13(1), 33–48. <http://www.ejournal.radenintan.ac.id/index.php/al-jabar/article/view/11341>

Instituto Nacional de Evaluación Educativa. (2022). *Ser estudiante*. Ineval. https://www.evalucion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/12/Folleto-Ser-Estudiante-2022_30112022_2.pdf?mibextid=Zxz2cZ

Kurniawati, I., Joko, T., & Khumaedi, K. (2021). Mathematical Problem Solving Ability on Problem Based Learning Assisted by GeoGebra in Primary School. *Educational Management*, 7(10), 110–118. <https://journal.unnes.ac.id/sju/eduman/article/view/39737/16478>

Kustiawati, D., Kusumah, S., & Hernan, T. (2019). Using of GeoGebra to Improve Mathematical Reasoning with the Problem-Solving Method. *ICTES 2018*, 1, 317–323. <https://n9.cl/m3v3x>

Mendoza, D. (2002). El uso del software Desmos como componente didáctico de las matemáticas artesanales ecuatorianas. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 7(3), 245–274. <https://doi.org/10.1023/A:1022103903080>

Meneses, M., & Peñaloza, D. (2019). Método de Pólya como estrategia pedagógica para fortalecer la competencia resolución de problemas matemáticos con operaciones básicas. *Zona Próxima*, 31, 8–25. <https://doi.org/10.14482/zp.30.373>

Minte, A., Sepúlveda, A., Díaz, D., & Payahuala, H. (2020). Aprender matemática: dificultades desde la perspectiva de los estudiantes de Educación Básica y Media. *Revista Espacios*, 41, 1–30. <http://sistemasblandosxd.revistaespacios.com/a20v41n09/a20v41n09p30.pdf>

Molina, A., & Rivadeneira, F. (2023). Estrategia para el uso de GeoGebra en la resolución y representación gráfica de problemas matemáticos en estudiantes de educación básica superior. *Dominio de Las Ciencias*, 9(2), 45–54. <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/3183/7381>

Muñoz, O. (2020). El constructivismo: Modelo pedagógico para la enseñanza de las matemáticas. *Revista EDUCARE–UPEL–IPB–Segunda Nueva Etapa 2.0*, 24(3), 488–502. <https://doi.org/10.46498/reduipb.v24i3.1413>

Ortiz, A., Jordán, J., & Agredal, M. (2018). Gamificación en educación: una panorámica sobre el estado de la cuestión. *Educação e Pesquisa*, 44(0), 1–17. <https://doi.org/10.1590/s1678-4634201844173773>

Pagnutti, L., Faroux, J., Y Fileni, M. (2019). Hacia una construcción integral del conocimiento. *EMAT XI*, 146–157. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/128839>

Peñalva, S., Aguaded, I., & Torres, Á. (2019). La gamificación en la universidad española. Una perspectiva educomunicativa. *Revista Mediterránea de Comunicación*, 10(1), 245. <https://doi.org/10.14198/MEDCOM2019.10.1.6>

Quintero, A. (2021). Actividades lúdicas para fortalecer el pensamiento lógico-matemático en los estudiantes de grado quinto. *Aibi. Revista de Investigación, Administración e Ingeniería*, 10(1), 1–12. <https://doi.org/10.15649/2346030X.2497>

Selvy, Y., Ikhsan, M., Johar, R., & Saminan, J. (2020). Improving students' mathematical creative thinking and motivation through GeoGebra assisted problem based learning. *Journal Physics*, 1460, 1–9. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1460/1/012004>

Sepúlveda, A., Opazo, M., Díaz-Levicoy, D., Jara, D., Sáez, D., Guerrero, D., Obreque, A. S., Salvatierra, M. O., Díaz-Levicoy, D., Cárcamo, D. J., Sotomayor, D. S., & Soto, D. G. (2016). ¿A qué atribuyen los estudiantes de Educación Básica la dificultad de aprender matemática? *Revista de Orientación Educacional*, 31(58), 105–119. <http://funes.uniandes.edu.co/8687/1/144-342-1-PB.pdf>

Suratno, J., & Kurnia, I. (2023). View of Integration of GeoGebra in Problem-Based Learning to Improve Students' Problem-Solving Skills. *International Journal of Research in Mathematics Educations*, 1(1), 63–75. <https://ejournal.uinsaizu.ac.id/index.php/ijrme/article/view/8514/3546>

Tipaz, J. (2021). Evaluación de las metodologías para la enseñanza-aprendizaje del área de matemáticas en primer grado de primaria. *Revista Científica Internacional*, 4(1), 61–70. <https://doi.org/https://doi.org/10.46734/revcientifica.v4i1.48>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2022). *Un nuevo estudio de la UNESCO destaca el papel vital de los matemáticos para afrontar los retos contemporáneos*. UNESCO. <https://www.unesco.org/es/articles/un-nuevo-estudio-de-la-unesco-destaca-el-papel-vital-de-los-matematicos-para-afrontar-los-retos>

Vaillant, D., Rodríguez, E., & Betancor, G. (2020). Uso de plataformas y herramientas digitales para la enseñanza de la Matemática. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas Em Educação*, 28(108), 718–740. <https://doi.org/10.1590/S0104-40362020002802241>

Vélez, J., Caballero, E., & Zambrano, J. (2024). Gamificación como estrategia didáctica para fortalecer el aprendizaje de matemática en estudiantes de primaria. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 6(2), 119–131. <https://editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/1031/1417>

Wynn, K. (1990). Children's understanding of counting. *Cognition*, 36(2), 155–193. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(90\)90003-3](https://doi.org/10.1016/0010-0277(90)90003-3)