

Estrategia didáctica mediada por GeoGebra para el aprendizaje de operaciones combinadas en estudiantes de noveno año de educación general básica en modalidad extraordinaria

GeoGebra-mediated instructional strategy for learning combined operations among ninth-grade general basic education students in an alternative education program

- 1 Jeniffer Francisca Moreira Zambrano  <https://orcid.org/0009-0008-1541-6128>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Durán, Ecuador. Maestría en Educación
jfmorairaz@ube.edu.ec
- 2 Johanna Cecibel Murillo Pico  <https://orcid.org/0009-0004-8782-0681>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Durán, Ecuador. Maestría en Educación
jcmurillop@ube.edu.ec
- 3 Efraín Velasteguí López  <https://orcid.org/0000-0002-7353-5853>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Durán, Ecuador.
evelasteguil@ube.edu.ec
- 4 Giceya Maqueira Caraballo  <https://orcid.org/0000-0001-6282-3027>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Durán, Ecuador.
gdmaqueirac@ube.edu.ec

Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 10/07/2026

Revisado: 12/08/2026

Aceptado: 09/09/2026

Publicado: 01/10/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v10i4.3761>

Cítese:

Moreira Zambrano, J. F., Murillo Pico, J. C., Velasteguí López, E., & Maqueira Caraballo, G. (2026). Estrategia didáctica mediada por GeoGebra para el aprendizaje de operaciones combinadas en estudiantes de noveno año de educación general básica en modalidad extraordinaria. *Ciencia Digital*, 10(4), 45-78. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v10i4.3761>



Ciencia Digital
Editorial



CIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinaria, trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://cienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec.

Esta revista está protegida bajo una licencia *Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International*. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>.



Palabras claves: GeoGebra; educación matemática; operaciones combinadas; estrategia didáctica; educación de adultos.

Resumen: Introducción: En la Unidad Educativa Santa Marianita, ubicada en el cantón Manta, se identificaron dificultades en estudiantes adultos de noveno año de educación general básica en modalidad extraordinaria relacionadas con la jerarquía operacional, la organización de procedimientos y la resolución contextual de operaciones combinadas. Estas necesidades orientaron el diseño de una estrategia didáctica mediada por GeoGebra, dirigida a favorecer la visualización de procedimientos, el análisis de errores y la retroalimentación durante la resolución matemática. **Objetivo:** Evaluar los cambios observados en el aprendizaje de operaciones combinadas antes y después de la implementación de una estrategia didáctica mediada por GeoGebra en estudiantes de noveno año de educación general básica en modalidad extraordinaria de la Unidad Educativa Santa Marianita. **Metodología:** Se desarrolló una investigación aplicada con enfoque mixto de predominio cuantitativo y diseño preexperimental de un solo grupo con mediciones pretest-postest. Participaron 28 estudiantes adultos. El desempeño se evaluó mediante una prueba objetiva de 20 ítems aplicada antes y después de seis sesiones de intervención. Posteriormente se administró una encuesta de satisfacción de 20 ítems y se realizaron entrevistas semiestructuradas al rector, vicerrector y docente de Matemáticas. La propuesta didáctica fue sometida a valoración independiente por cinco profesionales. La normalidad de las diferencias se examinó mediante Shapiro-Wilk y la comparación entre las mediciones mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. **Resultados:** La puntuación media pasó de 5,54 (DE = 1,04) en el pretest a 7,80 (DE = 0,86) en el postest. Veintisiete de los 28 participantes obtuvieron puntuaciones superiores en la medición posterior y uno mantuvo la misma puntuación. La diferencia fue estadísticamente significativa ($W = 0.00$, $p < .001$), con un tamaño del efecto grande ($r = .88$). Las cuatro dimensiones presentaron incrementos descriptivos, aunque la resolución contextual permaneció como la de menor puntuación posterior. La encuesta mostró una valoración predominantemente favorable de la experiencia, especialmente en motivación e interés, mientras que las entrevistas aportaron información complementaria sobre la visualización de procedimientos, la participación, la mediación docente y las condiciones de implementación. **Conclusión:** La implementación de la estrategia estuvo acompañada por un patrón favorable en el desempeño posterior y

por una valoración positiva de la experiencia educativa. Debido al diseño preexperimental, la ausencia de un grupo de comparación, las diferentes condiciones de administración de las mediciones y las limitaciones psicométricas de la prueba objetiva, los resultados deben circunscribirse al grupo y contexto estudiados y no permiten establecer una relación causal definitiva entre la estrategia implementada y las diferencias observadas. Área de estudio general: Educación. Área de estudio específica: Didáctica de la Matemática y Tecnología Educativa. Tipo de estudio: Artículo original.

Keywords: GeoGebra; mathematics education; combined operations; instructional strategy; adult education

Abstract: Introduction: At Santa Marianita Educational Unit, located in Manta, Ecuador, difficulties were identified among adult ninth-grade general basic education students enrolled in an extraordinary education program, particularly in operational hierarchy, procedural organization, and the contextual resolution of combined operations. These needs guided the design of a GeoGebra-mediated didactic strategy aimed at supporting the visualization of procedures, error analysis, and feedback during mathematical problem solving. **Objective:** To evaluate the changes observed in the learning of combined operations before and after the implementation of a GeoGebra-mediated didactic strategy among ninth-grade general basic education students enrolled in an extraordinary education program at Santa Marianita Educational Unit. **Methodology:** An applied study was conducted using a mixed-methods approach with quantitative predominance and a one-group pre-experiment pretest-post-test design. The participants were 28 adult students. Performance was assessed using a 20-item objective test administered before and after six intervention sessions. Subsequently, a 20-item satisfaction survey was conducted, and semi-structured interviews were conducted with the principal, vice-principal, and Mathematics teacher. The didactic proposal was independently evaluated by five professionals. Normality of the difference scores was examined using the Shapiro-Wilk test, and pretest-post test scores were compared using the Wilcoxon signed-rank test. **Results:** The mean score increased from 5.54 (SD = 1.04) on the pre-test to 7.80 (SD = 0.86) on the post-test. Twenty-seven of the 28 participants obtained higher scores at post-test, while one participant obtained the same score. The difference was statistically significant ($W = 0.00$, $p < .001$), with a large effect size ($r = .88$). All four dimensions showed descriptive increases, although contextual

problem solving remained the dimension with the lowest post-test score. The survey showed a predominantly favorable evaluation of the experience, particularly regarding motivation and interest, while the interviews provided complementary information on the visualization of procedures, student participation, teacher mediation, and implementation conditions. **Conclusion:** Implementation of the strategy was accompanied by a favorable pattern in subsequent performance and a positive evaluation of the educational experience. Given the pre-experiment design, absence of a comparison group, differences in the administration conditions of the two measurements, and psychometric limitations of the objective test, the findings should be restricted to the group and context studied and do not allow a definitive causal relationship to be established between the implemented strategy and the observed differences. Area of Study: Education. Specific area of study: Mathematics Education and Educational Technology. Type of study: Original article.

1. Introducción

La integración de tecnologías digitales en la educación matemática trasciende la incorporación instrumental de recursos al aula, pues puede modificar las formas en que los estudiantes representan, exploran y validan objetos y procedimientos matemáticos. Esta perspectiva adquiere relevancia en la agenda contemporánea de investigación: Bakker et al. (2021) identificaron la tecnología entre los temas prioritarios para el desarrollo futuro de la educación matemática, mientras que Drijvers & Sinclair (2024) señalaron que el campo ha evolucionado desde preguntas centradas únicamente en determinar si las tecnologías digitales funcionan hacia el análisis de los propósitos para los que se utilizan, las prácticas que posibilitan y las transformaciones que pueden generar en la

enseñanza y el aprendizaje. En consecuencia, el valor educativo de una tecnología no deriva exclusivamente de sus características técnicas, sino de su articulación con los objetivos matemáticos, las tareas propuestas y la mediación pedagógica.

Dentro de este escenario, constituye un entorno dinámico que posibilita la articulación de representaciones numéricas, algebraicas y gráficas, favoreciendo la visualización de relaciones y procedimientos matemáticos que pueden resultar difíciles de interpretar exclusivamente mediante el registro simbólico. En un metaanálisis centrado en el uso de como herramienta de visualización dinámica, Zhang et al. (2025) identificaron un efecto positivo de magnitud moderada a alta sobre el rendimiento matemático de los estudiantes, a partir de la

síntesis de investigaciones desarrolladas en distintos contextos educativos. Estos resultados respaldan el potencial pedagógico del software, aunque su incorporación no debe reducirse a la comprobación automatizada de respuestas, sino articularse con actividades diseñadas para favorecer la exploración, la comprensión de procedimientos y la mediación docente.

La integración pedagógica de tecnologías digitales en la enseñanza de las matemáticas requiere competencias docentes que trascienden el dominio operativo de las herramientas. Padilla-Escorcia et al. (2025) muestran que el conocimiento para enseñar matemáticas con tecnologías digitales demanda articular saberes matemáticos, pedagógicos y tecnológicos. Esta exigencia adquiere mayor complejidad cuando el docente debe interpretar simultáneamente el razonamiento matemático y la interacción del estudiante con la tecnología. McCulloch et al. (2023) destacan precisamente la necesidad de atender, interpretar y responder al pensamiento matemático del estudiante en entornos mediados tecnológicamente, considerando explícitamente su interacción con las herramientas digitales. Desde esta perspectiva, el potencial educativo depende también de las decisiones pedagógicas mediante las cuales se orientan las representaciones, las tareas y la retroalimentación durante el aprendizaje.

El aprendizaje de las operaciones combinadas exige algo más que ejecutar correctamente cálculos aislados, ya que el estudiante debe interpretar la estructura de la expresi-

ón, reconocer la precedencia entre operaciones y decidir una secuencia de resolución coherente. Esta demanda puede generar errores cuando se aplican procedimientos rígidos sin atender a las relaciones internas de la expresión matemática. En un estudio realizado con 837 estudiantes, Bye et al. (2024) encontraron que los errores de precedencia variaban según la estructura de las expresiones y eran más frecuentes cuando la operación situada inicialmente no correspondía con la que debía resolverse de acuerdo con la jerarquía operacional. Estos hallazgos muestran que las dificultades asociadas al orden de las operaciones no pueden reducirse a la memorización de una regla, pues también involucran la manera en que el estudiante interpreta la expresión y organiza el procedimiento para resolverla.

Esta exigencia se incrementa cuando el conocimiento matemático debe emplearse en situaciones contextualizadas. La resolución de este tipo de tareas supone interpretar información, reconocer las relaciones matemáticas presentes y vincularlas con las condiciones de la situación planteada. Chavarría-Arroyo & Albanese (2023) muestran que la contextualización de problemas matemáticos exige considerar no solo el contenido disciplinar, sino también la coherencia y autenticidad del contexto utilizado, de modo que este contribuya efectivamente a dotar de significado a la actividad matemática. Esta perspectiva resulta pertinente para el aprendizaje de operaciones combinadas, dado que el dominio de los procedimientos no garantiza por sí mismo su aplicación adecuada cuando el estudiante debe identificar

qué operaciones utilizar y cómo organizarlas dentro de una situación concreta.

Las dificultades relacionadas con el aprendizaje matemático adquieren características particulares en contextos educativos que atienden a jóvenes y adultos con trayectorias formativas diversas. En estos escenarios, la enseñanza no puede limitarse a reproducir las mismas condiciones pedagógicas de la escolaridad ordinaria, pues las experiencias previas, las demandas cotidianas y las formas de relacionarse con el conocimiento matemático configuran necesidades diferenciadas. Gal (2024) señala que la educación matemática y la numeración de adultos constituyen un campo heterogéneo y todavía insuficientemente investigado en relación con las prácticas concretas de enseñanza y aprendizaje. Esta situación refuerza la necesidad de estudiar estrategias didácticas situadas que articulen los contenidos matemáticos con las características de los estudiantes y las condiciones reales en que se desarrolla su formación.

La vinculación de la matemática con situaciones significativas adquiere particular importancia en esta población. Goos et al. (2023) al estudiar la educación numérica de adultos, identificaron que experiencias escolares negativas, ansiedad y falta de confianza pueden constituir barreras para su participación y señalaron la relevancia de integrar el aprendizaje numérico en contextos del mundo real y en ambientes formativos que favorezcan su participación. Estos hallazgos refuerzan una concepción de la educación matemática de adultos que trasciende la ejecu-

ción descontextualizada de procedimientos y reconoce la utilidad, la experiencia previa y las condiciones de participación como componentes relevantes del proceso formativo.

En Ecuador, la modalidad educativa extraordinaria constituye una alternativa para jóvenes y adultos que requieren continuar o completar trayectorias escolares inconclusas, lo que configura escenarios formativos con características distintas a las de la escolaridad ordinaria. Esta particularidad demanda propuestas pedagógicas sensibles a las experiencias, ritmos y conocimientos previos de quienes retornan o permanecen en el sistema educativo. En el ámbito de la educación matemática de jóvenes y adultos, Pereira & Pontín (2021) sostienen que las especificidades socioculturales de esta población deben ser reconocidas en la organización de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Desde esta perspectiva, la selección de estrategias para abordar contenidos matemáticos no debería responder únicamente a la estructura disciplinar, sino también a las condiciones educativas concretas en las que los estudiantes construyen y reconstruyen sus aprendizajes.

En la Unidad Educativa Santa Marianita, ubicada en el cantón Manta, provincia de Manabí, la enseñanza de operaciones combinadas en noveno año de educación general básica en modalidad extraordinaria evidenció la necesidad de fortalecer la comprensión de la jerarquía operacional y la organización de los procedimientos de resolución. El diagnóstico que antecedió a la interven-

ción permitió reconocer dificultades vinculadas con la identificación del orden en que debían ejecutarse las operaciones, el uso de signos de agrupación, la aplicación secuencial de procedimientos y la revisión de errores durante la resolución de ejercicios. Estas manifestaciones plantearon la necesidad de superar una enseñanza centrada exclusivamente en la ejecución mecánica de reglas y orientar el trabajo hacia una estrategia que hiciera visibles los procedimientos, facilitara su análisis y ofreciera oportunidades de retroalimentación durante el proceso de resolución.

Aunque la investigación reciente aporta evidencia favorable sobre el uso de GeoGebra y las representaciones dinámicas en el aprendizaje matemático (Zhang et al., 2025), estos beneficios no pueden atribuirse exclusivamente a la incorporación de una herramienta digital. Schoenherr et al. (2024) advierten que las visualizaciones mediadas por tecnología no muestran por sí mismas una superioridad sistemática frente a otras formas de representación, mientras que McCulloch et al. (2023) permiten reconocer la importancia de la actuación docente para interpretar y orientar el pensamiento matemático en ambientes mediados tecnológicamente. A ello se suma la limitada evidencia sobre prácticas concretas de enseñanza y aprendizaje matemático con población adulta señalada por Gal (2024). En este escenario, permanece insuficientemente explorado el uso de estrategias didácticas mediadas por GeoGebra para el aprendizaje de operaciones combinadas en estudiantes de educación general básica extraordinaria, particularmente en el

contexto ecuatoriano.

A partir de esta problemática, el estudio se orientó por la siguiente pregunta: ¿qué cambios se observan en el aprendizaje de operaciones combinadas después de implementar una estrategia didáctica mediada por GeoGebra en estudiantes de noveno año de educación general básica en modalidad extraordinaria? En correspondencia con esta interrogante, el objetivo fue evaluar los cambios en el aprendizaje de operaciones combinadas asociados a la implementación de una estrategia didáctica mediada por GeoGebra en estudiantes de noveno año de educación general básica extraordinaria de la Unidad Educativa Santa Marianita.

En coherencia con el diseño preexperimental, se plantearon las hipótesis en términos de las diferencias entre las mediciones relacionadas. La hipótesis nula (H_0) estableció que no existirían diferencias estadísticamente significativas entre las puntuaciones obtenidas por los estudiantes en el pretest y el postest de operaciones combinadas. La hipótesis alternativa (H_1) planteó que existirían diferencias estadísticamente significativas entre ambas mediciones después de la implementación de la estrategia didáctica mediada por GeoGebra.

2. Metodología

La investigación adoptó un enfoque mixto con predominio cuantitativo y orientación aplicada, al integrar procedimientos de medición del aprendizaje de operaciones combinadas con información complementaria sobre la experiencia de implementación de

la estrategia didáctica en el contexto estudiado. El componente cuantitativo constituyó el eje principal del análisis mediante la comparación de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes antes y después de la intervención. El componente cualitativo se sustentó en entrevistas semiestructuradas realizadas a actores institucionales, cuyos aportes permitieron ampliar la comprensión de los resultados obtenidos. La integración de las fuentes de información se efectuó durante la interpretación, contrastando los cambios observados en el desempeño con las apreciaciones recogidas sobre el proceso pedagógico.

El componente cuantitativo siguió un diseño preexperimental de un solo grupo con mediciones antes y después de la intervención, representado mediante el esquema $G O_1 \times O_2$, donde G corresponde al grupo participante, O_1 a la medición inicial mediante el pretest, X a la implementación de la estrategia didáctica mediada por GeoGebra y O_2 a la medición posterior mediante el postest. Este diseño permitió examinar las diferencias registradas en el aprendizaje de operaciones combinadas dentro del mismo grupo después de la intervención. Al no contar con un grupo de control ni asignación aleatoria, los cambios observados se interpretaron como asociados a la implementación de la estrategia en el contexto estudiado, sin atribuirles un alcance causal definitivo.

Por su finalidad, la investigación fue aplicada, dado que respondió a una problemática educativa identificada en un contexto institucional concreto mediante la implementa-

ción y evaluación de una estrategia didáctica. Su alcance fue descriptivo-comparativo: descriptivo, porque permitió caracterizar el desempeño de los estudiantes en las mediciones realizadas y las percepciones vinculadas con la experiencia pedagógica; y comparativo, porque examinó las diferencias entre las puntuaciones relacionadas del pretest y el postest.

2.1 Participantes

La población estuvo conformada por 28 estudiantes adultos matriculados en noveno año de educación general básica, modalidad extraordinaria, de la Unidad Educativa Santa Marianita, con edades aproximadas entre 20 y 55 años. Todos eran mayores de 18 años y pertenecían a una modalidad educativa dirigida a personas con escolaridad inconclusa. Debido a que la intervención se desarrolló con la totalidad de los estudiantes matriculados en el paralelo, se realizó un abordaje censal y no se efectuó selección muestral. Los 28 participantes completaron tanto el pretest como el postest, por lo que se dispuso de 28 pares de observaciones y no se registraron pérdidas entre ambas mediciones. Si bien el contexto institucional evidenciaba trayectorias educativas interrumpidas de diversa duración, el tiempo individual de rezago escolar, la experiencia tecnológica previa y las condiciones particulares de conectividad no fueron recogidos como variables de caracterización; por esta razón, no se incorporaron al análisis estadístico.

2.2 *Informantes del componente cualitativo*

Para profundizar en la comprensión del proceso de implementación de la estrategia didáctica, se seleccionaron intencionalmente tres informantes institucionales: el rector, el vicerrector y el docente de Matemáticas. La selección se fundamentó en su vinculación con el contexto educativo estudiado y en la posibilidad de aportar perspectivas complementarias desde los ámbitos institucional y pedagógico. Las entrevistas permitieron recoger información relacionada con las dificultades observadas en el aprendizaje de las operaciones combinadas, la implementación pedagógica de GeoGebra, los cambios percibidos durante el proceso, la valoración de la estrategia y las condiciones consideradas relevantes para su continuidad.

2.3 *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

Para evaluar el aprendizaje de operaciones combinadas se utilizaron dos formas paralelas de una prueba objetiva, correspondientes al pretest y al postest. Ambas formas fueron construidas a partir de la misma matriz de especificaciones y estuvieron conformadas por 20 ítems distribuidos en cuatro dimensiones: jerarquía de operaciones, aplicación procedimental, corrección de errores y resolución contextual, con cinco reactivos por dimensión. Aunque los reactivos fueron diferentes en ambas mediciones, conservaron correspondencia en el contenido evaluado, la estructura dimensional y la demanda cognitiva general. Cada reactivo fue valorado con un máximo de 0,5 puntos, de modo

que cada dimensión alcanzó una puntuación máxima de 2,5 puntos y la puntuación total se expresó en una escala de 0 a 10. Ambas evaluaciones tuvieron una duración de 30 minutos. El pretest se administró antes de la intervención sin apoyo de GeoGebra, mientras que el postest se aplicó después de la intervención permitiendo el uso de la herramienta tecnológica. Por tanto, aunque ambas formas conservaron correspondencia estructural, de contenido, puntuación y tiempo de aplicación, las condiciones instrumentales de administración no fueron completamente equivalentes. Esta diferencia se consideró al interpretar los cambios observados entre las mediciones.

Para conocer la percepción de los estudiantes sobre la experiencia desarrollada se utilizó la técnica de encuesta mediante un cuestionario de satisfacción aplicado a los 28 participantes al finalizar la intervención. El instrumento estuvo conformado por 20 ítems organizados en cinco dimensiones: comprensión del contenido, facilidad de uso del recurso digital, motivación e interés, seguridad y autoeficacia percibida y valoración general de la estrategia. Cada dimensión estuvo integrada por cuatro ítems valorados mediante una escala tipo Likert de cinco categorías: Totalmente en desacuerdo, En desacuerdo, Ni de acuerdo ni en desacuerdo, De acuerdo y Totalmente de acuerdo. La información obtenida se utilizó para examinar la valoración de los estudiantes sobre la experiencia de aprendizaje mediada por GeoGebra y se interpretó de manera diferenciada respecto de las puntuaciones de aprendizaje.

Para el componente cualitativo se empleó la técnica de entrevista mediante un guion semiestructurado aplicado al rector, al vicerrector y al docente de matemáticas. Las preguntas se organizaron en torno a ejes relacionados con las dificultades en el aprendizaje de las operaciones combinadas, la implementación pedagógica de GeoGebra, los cambios percibidos durante el proceso, la valoración de la estrategia y su posible proyección en el contexto institucional. El carácter semiestructurado del instrumento permitió mantener ejes comunes de indagación y, a la vez, profundizar en las apreciaciones aportadas por cada informante de acuerdo con su función y experiencia en la institución.

2.4 *Evidencias de validez y confiabilidad de los instrumentos*

La prueba objetiva y la encuesta de satisfacción fueron sometidas, antes de su aplicación, a un proceso de validación de contenido mediante juicio de cinco expertos, seleccionados por su formación y experiencia en áreas relacionadas con el objeto de estudio y la mediación tecnológica. El panel estuvo integrado por un especialista en tecnologías de la información y la comunicación, dos especialistas en pedagogía de la matemática, un profesional con grado de doctor en entornos digitales y un profesional con grado de magíster en Matemática. La valoración examinó la correspondencia de los ítems con los propósitos de medición y las dimensiones definidas para cada instrumento, considerando criterios de pertinencia, coherencia y claridad. Las observaciones formuladas

por los expertos fueron revisadas antes de la aplicación definitiva y dieron lugar a ajustes menores en la redacción y organización de determinados reactivos. Como evidencia cuantitativa de validez de contenido se calculó el coeficiente V de Aiken, obteniéndose un valor global de $V=.947$. Este procedimiento correspondió exclusivamente a la validación de los instrumentos de recolección de datos y fue independiente de la valoración realizada posteriormente sobre la propuesta didáctica.

La consistencia interna de las dos formas de la prueba objetiva se examinó mediante el coeficiente Kuder-Richardson 20 (KR-20), apropiado para reactivos con calificación dicotómica. A partir de las respuestas de los 28 participantes se obtuvieron coeficientes de $KR-20=.398$ para el pretest y $KR-20=.077$ para el postest. Estos valores evidenciaron una consistencia interna limitada, particularmente en la medición posterior. El análisis complementario de los reactivos mostró heterogeneidad en sus niveles de dificultad y relaciones ítem-resto débiles o negativas en determinados reactivos. En el postest se observó, además, una elevada concentración de respuestas correctas en varios ítems, algunos de los cuales alcanzaron proporciones de acierto del 96,4 %, lo que redujo su capacidad de discriminación entre los participantes. En consecuencia, las puntuaciones de ambas mediciones se interpretaron con cautela y esta limitación psicométrica fue considerada al analizar las diferencias observadas entre pretest y postest.

Para la encuesta de satisfacción se examinó

la consistencia interna de los 20 reactivos mediante los coeficientes alfa de Cronbach y omega de McDonald. A partir de las respuestas de los 28 participantes se obtuvieron $\alpha = .962$ y $\omega = .968$, evidenciándose una elevada consistencia interna de las respuestas en esta aplicación. Las correlaciones ítem-resto fueron positivas y oscilaron entre .575 y .852, mientras que el alfa al eliminar cada reactivo se situó entre .959 y .964, sin observarse una mejora sustancial de la consistencia interna mediante la eliminación de algún ítem. Debido al tamaño de la población estudiada y al carácter contextual de la investigación, estos coeficientes se interpretaron como evidencia de consistencia interna correspondiente al grupo analizado y no como una propiedad definitiva o generalizable del instrumento.

2.5 *Diseño y validación de la propuesta didáctica*

La propuesta didáctica se diseñó a partir de las necesidades identificadas en el diagnóstico inicial y se estructuró en correspondencia con las cuatro dimensiones consideradas en el estudio: jerarquía de operaciones, aplicación procedimental, corrección de errores y resolución contextual. La secuencia integró actividades de explicación, resolución guiada, exploración y comprobación mediante GeoGebra, análisis de errores y aplicación de procedimientos en situaciones contextualizadas. Su implementación se organizó en seis sesiones de 60 minutos, para un total de 360 minutos de intervención.

Antes de su implementación, la propuesta

fue sometida a valoración por cinco profesionales con formación y experiencia relacionadas con la didáctica de la matemática, la pedagogía y la mediación tecnológica. Para este procedimiento se empleó una matriz de 25 indicadores distribuidos en cinco dimensiones: pertinencia pedagógica, calidad técnica y uso de TIC, claridad metodológica, factibilidad de aplicación y potencial de contribución al aprendizaje. Cada indicador fue valorado mediante una escala de 1 a 5. La puntuación consolidada de los cinco evaluadores fue de 543 puntos de un máximo posible de 625, equivalente al 86,9 %. Por dimensiones, se obtuvieron valoraciones de 88,0 % en pertinencia pedagógica, 85,6 % en calidad técnica y uso de TIC, 88,8 % en claridad metodológica, 86,4 % en factibilidad de aplicación y 85,6 % en potencial de contribución al aprendizaje. De manera complementaria, las observaciones cualitativas de los evaluadores permitieron identificar oportunidades de mejora relacionadas principalmente con la interacción directa del estudiante con GeoGebra, la atención a diferentes niveles de competencia digital, la accesibilidad de los recursos, la gestión del tiempo y el fortalecimiento de la evaluación formativa. Estas recomendaciones fueron consideradas para realizar ajustes menores antes de la implementación de la propuesta.

La valoración de la propuesta constituyó un procedimiento independiente de la validación de contenido de los instrumentos de recolección de datos. En consecuencia, sus resultados se utilizaron como evidencia de revisión previa de la pertinencia, coheren-

cia y factibilidad de la estrategia didáctica, y no como demostración de su efectividad ni como evidencia de validez o confiabilidad de la prueba objetiva o de la encuesta de satisfacción.

2.6 Procedimiento de intervención

La intervención didáctica se desarrolló mediante seis sesiones, cada una correspondiente a dos horas académicas de 30 minutos, para una duración de 60 minutos por sesión. La secuencia se organizó de forma progresiva para abordar el aprendizaje de las operaciones combinadas con apoyo de GeoGebra, partiendo del reconocimiento de conocimientos previos y de las dificultades relacionadas con la jerarquía operacional, para avanzar hacia la interpretación del orden de resolución, la organización de los procedimientos, la identificación de errores y la aplicación de lo aprendido en ejercicios de complejidad creciente. En conjunto, la intervención comprendió 360 minutos de trabajo pedagógico. Durante este proceso, GeoGebra se integró como recurso para favorecer la exploración y representación de los procedimientos matemáticos, bajo la orientación del docente.

Las dos primeras sesiones se orientaron al reconocimiento y comprensión de la jerarquía de las operaciones. A partir de expresiones matemáticas y ejercicios guiados, se trabajó la identificación del orden de resolución y la función de los signos de agrupación. Las actividades apoyadas en GeoGebra permitieron explorar las expresiones y contrastar las decisiones adoptadas durante

el procedimiento. La mediación docente se centró en formular preguntas, orientar la interpretación de las expresiones y promover la identificación de errores antes de avanzar hacia tareas de mayor complejidad.

Las sesiones tercera y cuarta se centraron en la organización secuencial de los procedimientos y en la resolución de operaciones combinadas de complejidad progresiva. Los estudiantes desarrollaron ejercicios en los que debían reconocer el orden de las operaciones, organizar el procedimiento seguido y revisar posibles errores durante la resolución. El trabajo con GeoGebra acompañó la exploración de las expresiones y la retroalimentación sobre los procedimientos empleados. En esta fase se procuró desplazar la atención desde la obtención inmediata del resultado hacia la comprensión de las relaciones entre las operaciones y la justificación de la secuencia utilizada.

Las sesiones quinta y sexta estuvieron orientadas a la aplicación y consolidación de los aprendizajes mediante ejercicios que demandaban mayor autonomía en la resolución. Los estudiantes aplicaron la jerarquía operacional, organizaron los procedimientos y revisaron sus respuestas con apoyo de las representaciones disponibles en GeoGebra. La mediación docente se orientó hacia la retroalimentación y el análisis de los errores identificados durante las actividades. La secuencia concluyó con tareas destinadas a integrar los contenidos trabajados y favorecer una resolución progresivamente más autónoma de las operaciones combinadas.

2.7 Procedimiento de recolección de datos

La recolección de datos se desarrolló de manera secuencial y en correspondencia con el diseño preexperimental $G O_1 X O_2$. En la fase inicial se aplicó a los 28 estudiantes el pretest de aprendizaje de operaciones combinadas, conformado por 20 ítems, con el propósito de establecer su desempeño previo en las cuatro dimensiones consideradas en el estudio: jerarquía de operaciones, aplicación procedimental, corrección de errores y resolución contextual. Esta medición se realizó antes del inicio de la intervención didáctica.

Posteriormente, se implementó la estrategia didáctica mediada por GeoGebra durante tres semanas lectivas, con una frecuencia de dos sesiones semanales, en correspondencia con los dos días destinados a Matemática dentro del horario regular del grupo. La intervención comprendió seis sesiones de 60 minutos, correspondientes cada una a dos horas académicas de 30 minutos, para un total de 360 minutos de trabajo pedagógico. Las seis sesiones se desarrollaron con el mismo grupo de estudiantes y estuvieron a cargo de la misma docente responsable de la intervención, siguiendo la secuencia didáctica previamente establecida. Se mantuvieron la duración prevista de las sesiones y la organización progresiva de las actividades descritas en la propuesta, incluido el uso de GeoGebra como recurso de mediación matemática. No se aplicó un instrumento independiente para evaluar formalmente la fidelidad de implementación; por tanto,

la uniformidad de la intervención se sustentó en el mantenimiento del mismo grupo, responsable, secuencia didáctica y duración durante las seis sesiones.

Una vez concluida la intervención, se aplicó a los 28 estudiantes la forma paralela correspondiente al postest, integrada igualmente por 20 ítems y orientada a evaluar las mismas cuatro dimensiones examinadas en la medición inicial. Ambas formas conservaron la misma estructura dimensional, con cinco ítems por dimensión, los mismos criterios de calificación y una escala de puntuación de 0 a 10 puntos; sin embargo, estuvieron conformadas por reactivos diferentes. No se realizó un procedimiento independiente de equiparación psicométrica entre ambas formas, condición que fue considerada al interpretar las diferencias observadas entre las mediciones. Al tratarse del mismo grupo evaluado en ambos momentos, se obtuvieron 28 pares completos de observaciones para examinar las variaciones registradas entre el pretest y el postest.

Después de la medición posterior se aplicó a los 28 estudiantes la encuesta de satisfacción, con el propósito de recoger su valoración sobre la experiencia de aprendizaje desarrollada con la estrategia didáctica y el uso de GeoGebra. La información obtenida mediante este instrumento se trató de manera diferenciada respecto de las puntuaciones del pretest y el postest, dado que representa la percepción de los estudiantes sobre la experiencia educativa y no una medida directa de su desempeño matemático.

El componente cualitativo se desarrolló mediante entrevistas semiestructuradas al rector, al vicerrector y al docente de Matemáticas. Las respuestas fueron proporcionadas directamente por escrito por los tres informantes. La información obtenida permitió recuperar perspectivas institucionales y pedagógicas relacionadas con las dificultades en el aprendizaje de las operaciones combinadas, la implementación pedagógica de GeoGebra, los cambios percibidos durante el proceso, la valoración de la estrategia y su proyección en el contexto institucional. Estos datos se emplearon como evidencia complementaria para ampliar y contrastar la interpretación de los resultados cuantitativos.

2.8 *Análisis de datos*

Los datos cuantitativos fueron organizados a partir de las respuestas obtenidas en el pretest, postest y encuesta de satisfacción. Para las puntuaciones globales del pretest y postest se calcularon estadísticos descriptivos de tendencia central y dispersión, incluidos media, desviación estándar, mediana, mínimo y máximo. También se obtuvieron las puntuaciones medias correspondientes a las cuatro dimensiones de la prueba: jerarquía de operaciones, aplicación procedimental, corrección de errores y resolución contextual.

Para seleccionar el procedimiento inferencial se examinó la distribución de las diferencias entre las puntuaciones del postest y el pretest mediante la prueba de Shapiro-Wilk. El resultado evidenció un apartamien-

to estadísticamente significativo de la normalidad ($W = .921$, $p = .038$). En consideración de este resultado y del carácter pareado de las mediciones, la comparación entre ambos momentos se realizó mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon, estableciendo un nivel de significación de $/\alpha = .05$. El análisis comprendió los 28 pares de observaciones; 27 presentaron diferencias distintas de cero y un caso registró empate, por lo que este último no participó en la asignación de rangos de Wilcoxon.

La magnitud de la diferencia entre ambas mediciones se examinó mediante el tamaño del efecto r . Como estimación complementaria del cambio observado, se obtuvo el estimador de Hodges-Lehmann. Estos indicadores se utilizaron junto con la significación estadística del contraste para caracterizar la magnitud y dirección de las diferencias entre las mediciones. Los análisis estadísticos se realizaron mediante Jamovi, versión 2.7.38.

Los datos de la encuesta de satisfacción se analizaron mediante estadísticos descriptivos por dimensiones, considerando media, desviación estándar, mediana y porcentaje de respuestas favorables; para este último indicador se agruparon las categorías “De acuerdo” y “Totalmente de acuerdo”.

Para el componente cualitativo se realizó un análisis temático de las respuestas escritas proporcionadas por el docente de Matemáticas, el rector y el vicerrector mediante las entrevistas semiestructuradas. Al tratarse de respuestas registradas directamente por escrito, no fue necesario realizar un

proceso de transcripción de registros orales. El análisis se orientó a identificar unidades de significado vinculadas con los propósitos de la investigación y a organizarlas en cinco ejes analíticos: dificultades iniciales en el aprendizaje matemático, implementación pedagógica de GeoGebra, cambios percibidos durante la intervención, valoración de la estrategia y condiciones para su continuidad. Las respuestas de los tres informantes fueron examinadas comparativamente dentro de cada eje para identificar coincidencias, matices y aportes complementarios.

La integración de los componentes cuantitativo y cualitativo se realizó en la fase de interpretación mediante un procedimiento de triangulación basado en criterios de convergencia, complementariedad y divergencia. Los cambios observados en las puntuaciones del pretest y postest se contrastaron con la valoración de los estudiantes obtenida mediante la encuesta y con las percepciones de los informantes institucionales recogidas en las entrevistas. Se consideró convergencia cuando las diferentes fuentes aportaron evidencia coincidente sobre un mismo aspecto; complementariedad cuando una fuente permitió ampliar o contextualizar los resultados de otra; y divergencia cuando se identificaron apreciaciones que no coincidían con el patrón observado en los restantes datos. Esta integración permitió construir una interpretación conjunta del fenómeno sin atribuir a las percepciones cualitativas una función de confirmación causal de los cambios cuantitativos.

2.9 Consideraciones éticas

El estudio se desarrolló respetando los principios de participación voluntaria, confidencialidad y uso académico de la información. Antes de la recolección de los datos se informó a los participantes sobre el propósito del estudio, las actividades previstas y el tratamiento de la información obtenida. La participación de los estudiantes en la recolección de datos se realizó con su conocimiento y consentimiento, preservando su identidad mediante el tratamiento anónimo de las respuestas y la presentación agregada de los resultados.

La ejecución del estudio contó con la autorización institucional de la Unidad Educativa Santa Marianita para desarrollar la intervención didáctica y aplicar los instrumentos de recolección de datos en el contexto educativo correspondiente. La información obtenida mediante el pretest, postest, encuesta de satisfacción y entrevistas semiestructuradas fue utilizada exclusivamente con fines investigativos y académicos. Los documentos y archivos de respaldo fueron conservados bajo custodia de las investigadoras, evitando la incorporación o divulgación de información que permitiera identificar individualmente a los participantes. Los informantes institucionales fueron igualmente informados sobre el propósito de las entrevistas y el uso investigativo de sus aportes.

Dado que todos los estudiantes participantes eran mayores de 18 años, no se requirió asentimiento de menores ni consentimiento de representantes legales. El estudio no fue

sometido a evaluación por un comité de ética de investigación; por ello, el resguardo ético se sustentó en la autorización institucional, el consentimiento informado de los participantes adultos, la participación voluntaria y la protección de la confidencialidad de la información.

3. Resultados

Los resultados se organizaron de acuerdo con los componentes cuantitativo y cualitativo definidos en el estudio. En primer lugar, se examinó el desempeño de los 28 estudiantes en las mediciones pretest y postest, tanto en la puntuación global como en las cuatro dimensiones de la prueba. Posteriormente, se analizó la significación estadística de las diferencias entre ambas mediciones y su magnitud. Finalmente, se presentan los resultados de la encuesta de satisfacción y de las entrevistas semiestructuradas, cuya integración permitió contrastar el desempeño observado con las percepciones de los participantes e informantes institucionales.

La comparación descriptiva evidenció un desplazamiento de las puntuaciones hacia valores superiores en la medición posterior. En el pretest, los 28 estudiantes obtuvieron una media de 5,54 puntos ($DE=1,04$) y una mediana de 6,00, con puntuaciones comprendidas entre 3,00 y 7,50. En el postest, la media ascendió a 7,80 puntos ($DE = 0,86$) y la mediana a 8,00, con valores entre 6,00 y 9,50. La diferencia media entre ambas mediciones fue de 2,27 puntos. Como se muestra en la Tabla 1, en el análisis individual, 27 estudiantes presentaron puntuaciones superio-

res en el postest, mientras que uno mantuvo la misma puntuación en ambas mediciones; no se registraron disminuciones.

3.1 *Desempeño por dimensiones de aprendizaje*

El análisis por dimensiones mostró incrementos en las puntuaciones medias de los cuatro componentes evaluados entre el pretest y el postest. La mayor puntuación inicial correspondió a jerarquía de operaciones, cuya media pasó de 2,07 a 2,36 puntos sobre un máximo de 2,5. En aplicación procedimental, la media aumentó de 1,34 a 1,96, mientras que en corrección de errores se incrementó de 1,41 a 2,05. La resolución contextual presentó el desempeño inicial más bajo y, aunque registró un aumento de 0,71 a 1,43 puntos, permaneció como la dimensión con menor puntuación media en el postest. De acuerdo con la **Tabla 2**, en conjunto, los resultados descriptivos muestran incrementos en las puntuaciones medias de las cuatro dimensiones, con magnitudes diferentes según el componente evaluado.

3.2 *Contraste de las puntuaciones entre el pretest y el postest*

Antes de realizar la comparación inferencial, se examinó la distribución de las diferencias entre las puntuaciones del postest y el pretest mediante la prueba de Shapiro-Wilk. El resultado indicó un apartamiento estadísticamente significativo de la normalidad ($W=.921$, $p=.038$). Considerando este resultado y el carácter pareado de las mediciones, la comparación entre ambos momentos se realizó mediante la prueba de ran-

Tabla 1: Estadísticos descriptivos de las puntuaciones globales en el pretest y postest

Medición	N	Media	DE	Mediana	Mínimo	Máximo
Pretest	28	5,54	1,04	6,00	3,00	7,50
Postest	28	7,80	0,86	8,00	6,00	9,50

Nota. Las puntuaciones se expresan en una escala de 0 a 10 puntos. DE = desviación estándar.

Tabla 2: Puntuaciones medias en las dimensiones de aprendizaje según momento de evaluación

Dimensión	Pretest M	Postest M	Diferencia
Jerarquía de operaciones	2,07	2,36	0,29
Aplicación procedimental	1,34	1,96	0,63
Corrección de errores	1,41	2,05	0,64
Resolución contextual	0,71	1,43	0,71

Nota. Cada dimensión estuvo integrada por cinco ítems y presentó una puntuación posible entre 0 y 2,5 puntos. M = media.

gos con signo de Wilcoxon.

De los 28 pares de observaciones, 27 presentaron diferencias positivas y un caso registró la misma puntuación en ambas mediciones; no se observaron diferencias negativas. La prueba de rangos con signo de Wilcoxon mostró una diferencia estadísticamente significativa entre las puntuaciones del pretest y el postest ($W = 0.00$, $p < .001$), con puntuaciones sistemáticamente mayores en la medición posterior. De acuerdo con la **Tabla 3**, en términos del contraste estadístico, este resultado condujo al rechazo de la hipótesis nula de ausencia de diferencias entre ambos momentos. Su interpretación se realizó considerando las características del diseño pre-experimental y las limitaciones psicométricas identificadas en la prueba objetiva.

De los 28 pares de observaciones, 27 presentaron diferencias positivas y uno registró la misma puntuación en ambas mediciones; el empate no participó en la asignación de rangos.

Tabla 3: Contraste de las puntuaciones globales entre el pretest y el postest

Comparación	N no nulo	W	p	r
Postest – Pretest	27	0.00	< .001	.88

Nota. W = estadístico de rangos con signo de Wilcoxon; r = tamaño del efecto. De los 28 pares de observaciones, 27 presentaron diferencias positivas y uno registró la misma puntuación en ambas mediciones; el empate no participó en la asignación de rangos.

La magnitud de la diferencia fue grande ($r=.88$), lo que indica una separación considerable entre las puntuaciones obtenidas antes y después de la intervención en el grupo estudiado. Este resultado complementa la significación estadística del contraste al aportar información sobre la magnitud del cambio observado, sin que ello implique, por sí solo, una atribución causal a la estrategia implementada.

Como estimación complementaria del cambio entre ambas mediciones, el estimador de

Hodges–Lehmann fue de 2,25 puntos, con un intervalo de confianza del 95 % entre 2,00 y 2,50 puntos. Este intervalo se situó completamente por encima de cero y fue consistente con la dirección de las diferencias observadas en el contraste de Wilcoxon.

3.3 *Satisfacción de los estudiantes con la estrategia didáctica*

Los resultados de la encuesta de satisfacción mostraron una valoración predominantemente favorable de la experiencia educativa. En la escala de 1 a 5, la puntuación media global fue de 4,35 (DE=0,92), con una mediana de 4,60. Según la Tabla 4, al examinar las cinco dimensiones, las puntuaciones medias oscilaron entre 4,02 y 4,51. La valoración más alta correspondió a motivación e interés (M=4,51), seguida de valoración general de la estrategia (M=4,45), facilidad de uso del recurso digital (M=4,40), seguridad y autoeficacia percibida (M=4,38) y comprensión del contenido (M=4,02).

Las puntuaciones se calcularon en una escala de 1 a 5. El porcentaje de acuerdo favorable corresponde conjuntamente a las respuestas “De acuerdo” y “Totalmente de acuerdo” de los cuatro ítems que integraron cada dimensión.

La proporción de respuestas favorables superó el 75 % en las cinco dimensiones. Motivación e interés presentó el porcentaje más elevado de acuerdo favorable (92,9 %), mientras que comprensión del contenido registró el menor (77,7 %) y una mayor dispersión de las puntuaciones (DE=1,52). Este patrón muestra que la valoración positiva

fue más consistente en los componentes vinculados con el interés, el uso del recurso y la apreciación general de la estrategia que en la percepción de comprensión del contenido.

3.4 *Percepciones de los informantes sobre la implementación de la estrategia*

El análisis de las entrevistas al docente de Matemáticas, rector y vicerrector permitió identificar convergencias y matices en torno a cinco ejes: dificultades iniciales en el aprendizaje matemático, implementación pedagógica de GeoGebra, cambios percibidos durante la intervención, valoración de la estrategia y condiciones para su continuidad. Las perspectivas recogidas complementaron los resultados cuantitativos al aportar información sobre la experiencia desarrollada en el aula y su valoración desde los ámbitos pedagógico e institucional.

En relación con las dificultades iniciales, los tres informantes coincidieron en señalar debilidades previas que condicionaban el aprendizaje de las operaciones combinadas. El docente destacó la tendencia de los estudiantes a resolver las expresiones sin considerar adecuadamente la prioridad de las operaciones ni los signos de agrupación, señalando que “el error estrella era resolver siempre de izquierda a derecha” (docente de matemáticas). Desde la perspectiva institucional, el rector relacionó estas dificultades con las trayectorias educativas interrumpidas, las responsabilidades laborales y familiares y el rezago acumulado de parte de la población atendida. El vicerrector enfatizó, por su parte, “la falta de base en operaciones

Tabla 4: Resultados de la encuesta de satisfacción según dimensiones

Dimensión	M	DE	Mediana	Acuerdo favorable (%)
Comprensión del contenido	4,02	1,52	4,75	77,7
Facilidad de uso del recurso digital	4,40	1,13	4,88	89,3
Motivación e interés	4,51	0,91	4,75	92,9
Seguridad y autoeficacia percibida	4,38	1,08	—	85,7
Valoración general de la estrategia	4,45	1,10	—	89,3

Nota. M = media; DE = desviación estándar. Las puntuaciones se calcularon en una escala de 1 a 5. El porcentaje de acuerdo favorable corresponde conjuntamente a las respuestas “De acuerdo” y “Totalmente de acuerdo” de los cuatro ítems que integraron cada dimensión.

fundamentales y el desconocimiento de la jerarquía operacional”. Estas apreciaciones son consistentes con las dificultades observadas en la medición inicial, aunque corresponden a percepciones de los informantes y no constituyen por sí mismas una medición del desempeño.

Respecto de la implementación, los informantes valoraron especialmente el carácter visual de GeoGebra y la posibilidad de hacer explícitos los procedimientos de resolución. El docente indicó que la visualización del proceso favoreció la participación y permitió contrastar los procedimientos realizados en el cuaderno con los resultados obtenidos mediante el recurso digital. El vicerrector destacó el cambio en la función docente durante la experiencia al expresar que “el docente dejó de ser quien dicta reglas para ser un mediador que guía la resolución a través del software”. Desde una perspectiva institucional, el rector vinculó la incorporación tecnológica con la renovación de las prácticas de enseñanza dirigidas a estudiantes de modalidad extraordinaria. En cuanto a los cambios percibidos, los informantes mencionaron una mayor atención a la jerarquía

operacional, mayor seguridad para abordar los ejercicios y una disposición más favorable hacia el trabajo matemático.

Las entrevistas también permitieron identificar condiciones que pueden limitar o favorecer la continuidad de la estrategia. El docente señaló el tiempo disponible por sesión y la conveniencia de ampliar las oportunidades de manipulación individual de GeoGebra; el rector destacó restricciones relacionadas con la infraestructura, la conectividad y el mantenimiento de los equipos; y el vicerrector señaló la necesidad de atender los diferentes ritmos de aprendizaje y garantizar la disponibilidad de los espacios tecnológicos. Como posibilidades de continuidad, los informantes plantearon la capacitación docente, la ampliación del uso de la herramienta a otros contenidos matemáticos y una mayor incorporación de problemas contextualizados.

3.5 Integración de los resultados cuantitativos y cualitativos

La integración de los resultados permitió identificar convergencias, complementariedades y matices entre el desempeño ma-

temático observado, la valoración de los estudiantes y las percepciones de los informantes. Las puntuaciones del postest fueron superiores a las del pretest en 27 de los 28 participantes, con una diferencia estadísticamente significativa y de magnitud grande. Este patrón fue acompañado por percepciones favorables del docente, rector y vicerrector respecto de una mayor atención a la jerarquía operacional, mayor seguridad para abordar los ejercicios y una disposición más favorable hacia el trabajo matemático. A su vez, las valoraciones elevadas en motivación e interés y facilidad de uso del recurso digital aportaron información complementaria sobre la aceptación de la experiencia por parte de los estudiantes. La convergencia entre estas fuentes se interpretó como complementariedad entre evidencias de distinta naturaleza y no como confirmación independiente de un efecto causal de la estrategia.

Como se muestra en la **Tabla 5**, en conjunto, la integración mostró una convergencia entre el incremento de las puntuaciones matemáticas, la valoración favorable de la experiencia por parte de los estudiantes y las percepciones positivas de los informantes sobre el proceso desarrollado. No obstante, la evidencia también mostró matices relevantes: la resolución contextual permaneció como la dimensión de menor desempeño, la percepción de comprensión del contenido presentó mayor variabilidad que otros componentes de satisfacción y los informantes identificaron condiciones institucionales que pueden incidir en la sostenibilidad de la estrategia. Por tanto, los resultados describen un patrón favorable posterior

a la intervención, acompañado de aspectos pedagógicos e institucionales que requieren consideración para su interpretación y eventual continuidad.

3.6 Propuesta didáctica

Estrategia didáctica mediada por GeoGebra para el aprendizaje de operaciones combinadas

La propuesta didáctica se estructuró como una secuencia de aprendizaje orientada al fortalecimiento de la resolución de operaciones combinadas en estudiantes adultos de noveno año de educación general básica en modalidad extraordinaria. Su diseño respondió a las dificultades identificadas en el diagnóstico inicial y articuló cuatro componentes del aprendizaje matemático: jerarquía de operaciones, aplicación procedimental, corrección de errores y resolución contextual. La estrategia integró mediación docente, resolución guiada, exploración mediante GeoGebra, análisis de procedimientos y aplicación progresiva de los aprendizajes en situaciones contextualizadas.

La intervención se desarrolló durante seis sesiones de 60 minutos, equivalentes a 360 minutos de trabajo pedagógico. La secuencia avanzó desde el reconocimiento de saberes previos y la aplicación de la jerarquía operacional hacia la ejecución de procedimientos, la identificación y corrección de errores y la resolución de situaciones contextualizadas. GeoGebra se incorporó como recurso de apoyo para representar, explorar y comprobar procedimientos matemáticos, sin sustituir el razonamiento escrito ni la

Tabla 5: Integración de los principales hallazgos cuantitativos y cualitativos

Eje de integración	Evidencia cuantitativa	Evidencia perceptiva/cualitativa	Lectura integrada
Desempeño matemático	Media global: 5,54 → 7,80; 27 diferencias positivas y un empate; $p < .001$; $r = .88$	Los informantes percibieron mayor atención al orden de las operaciones y mayor seguridad en la resolución	Las puntuaciones posteriores más altas fueron acompañadas por percepciones favorables sobre el desempeño durante la intervención; ambas evidencias son complementarias y no equivalentes
Dimensiones de aprendizaje	Incrementos descriptivos en las cuatro dimensiones: resolución contextual: 0,71 → 1,43	Los informantes señalaron avances procedimentales y la necesidad de continuar fortaleciendo la resolución de problemas contextualizados	El incremento descriptivo coexistió con dificultades persistentes, particularmente en resolución contextual
Experiencia con GeoGebra	Motivación e interés: 92,9 % de acuerdo favorable; facilidad de uso: 89,3 %	Los informantes destacaron la visualización de procedimientos, la participación y el contraste entre procedimientos manuales y digitales	Convergencia entre la valoración estudiantil y la valoración pedagógica del recurso
Proyección de la estrategia	—	Se identificaron necesidades de capacitación, infraestructura, conectividad, tiempo y acceso a recursos tecnológicos	La continuidad de la estrategia depende de condiciones pedagógicas e institucionales que exceden la aceptación del recurso

Nota. La integración relaciona resultados procedentes de la prueba objetiva, la encuesta de satisfacción y las entrevistas semiestructuradas. Las asociaciones identificadas se interpretan en el contexto del grupo estudiado y no implican atribución causal.

mediación docente. La organización de la propuesta mantuvo correspondencia con las cuatro dimensiones consideradas para examinar el desempeño matemático.

Objetivos de la propuesta

Objetivo general: fortalecer el aprendizaje de operaciones combinadas en estudiantes de noveno año de educación general básica en modalidad extraordinaria de la Unidad Educativa Santa Marianita mediante una estrategia didáctica mediada por GeoGebra,

con énfasis en la jerarquía operacional, la aplicación procedimental, la corrección de errores y la resolución contextual.

Objetivos específicos:

- Aplicar correctamente la jerarquía de operaciones en expresiones matemáticas que integren diferentes operadores y signos de agrupación.
- Desarrollar procedimientos secuenciados para la resolución de operaciones

combinadas mediante el uso de GeoGebra como recurso de exploración y comprobación.

- c) Identificar errores frecuentes en la resolución de operaciones combinadas mediante el análisis y contraste de procedimientos.
- d) Resolver situaciones contextualizadas que requieran la aplicación integrada de operaciones combinadas, justificando el procedimiento empleado.

Características de la propuesta

La propuesta se configuró como una estrategia de mediación matemática digital apoyada en GeoGebra, utilizado como recurso visual e interactivo para acompañar el aprendizaje de las operaciones combinadas. Su incorporación no se limitó a la comprobación de resultados, sino que incluyó la representación de procedimientos, la visualización de secuencias operacionales, el análisis de errores y la exploración de diferentes formas de resolución. La mediación tecnológica se articuló con la orientación docente y la resolución escrita, de manera que el recurso digital funcionara como apoyo al razonamiento matemático y no como sustituto del procedimiento desarrollado por el estudiante.

Organización de la propuesta didáctica

La propuesta se organizó en seis sesiones de 60 minutos, articuladas progresivamente con los objetivos específicos y las cuatro

dimensiones de aprendizaje consideradas en el estudio.

Como se evidencia en la **Tabla 6**, aunque cada sesión priorizó determinados componentes, la secuencia mantuvo una integración progresiva entre jerarquía de operaciones, aplicación procedimental, corrección de errores y resolución contextual. Las actividades combinaron orientación docente, exploración mediante GeoGebra, resolución de ejercicios, análisis de procedimientos y comprobación de resultados.

Correspondencia curricular y seguimiento formativo

La propuesta mantuvo correspondencia con los aprendizajes establecidos para Matemática en el subnivel superior de educación general básica del currículo ecuatoriano. De manera particular, se vinculó con las destrezas M.4.1.3, referida a la realización de operaciones con números enteros aplicando el orden de operación, y M.4.1.7, orientada a resolver operaciones combinadas en números enteros respetando dicho orden y verificar los resultados mediante el uso de tecnología. Esta correspondencia se articuló con el criterio de evaluación CE.M.4.1, que integra las operaciones con distintos conjuntos numéricos, la resolución de problemas contextualizados, la interpretación de las soluciones y el análisis de la necesidad del uso de tecnología (Ministerio de Educación del Ecuador, 2016).

En la propuesta, estos referentes curriculares se concretaron en los componentes de jerarquía de operaciones, aplicación proce-

Tabla 6: Organización didáctico-tecnológica de la propuesta mediada por GeoGebra

Sesión	Componente priorizado	Propósito pedagógico	Actividades y actuación del estudiante	Mediación docente tecnológica	Evidencia de aprendizaje y retroalimentación
1	Reconocimiento inicial	Identificar conocimientos previos y dificultades en la resolución de operaciones combinadas	Resolución inicial de expresiones, reconocimiento del orden seguido e identificación de errores frecuentes	Orientación docente y exploración apoyada en recursos digitales para visualizar y contrastar procedimientos	Revisión de los procedimientos desarrollados y retroalimentación sobre las dificultades identificadas
2	Jerarquía de operaciones	Reconocer y aplicar la prioridad operacional y los signos de agrupación	Resolución secuenciada de expresiones y comparación del orden de ejecución de las operaciones	Orientación docente y uso de GeoGebra para visualizar y comprobar la operacional	Revisión de ejercicios y retroalimentación sobre la aplicación del orden operacional
3	Aplicación procedimental	Estructurar procedimientos de resolución de manera ordenada y secuencial	Desarrollo de operaciones combinadas, contraste de procedimientos y comprobación de resultados	Modelado y orientación docente, GeoGebra como apoyo para representar y comprobar procedimientos	Revisión de procedimientos y retroalimentación sobre secuencia y precisión de la resolución
4	Corrección de errores	Identificar y corregir inconsistencias en los procedimientos de resolución	Análisis de corrección de procedimientos, identificación de errores y reconstrucción de la secuencia correcta	Orientación docente y uso de GeoGebra para contrastar procedimientos y comprobar las correcciones	Revisión de los procedimientos corregidos y retroalimentación focalizada en los errores identificados
5	Resolución contextual	Aplicar operaciones combinadas en situaciones contextualizadas	Interpretación de aplicaciones, identificación de datos, selección de operaciones y resolución	Orientación docente para la interpretación y uso de GeoGebra como apoyo para representar y comprobar procedimientos	Revisión de las soluciones y retroalimentación sobre interpretación, selección de operaciones y procedimiento
6	Integración y consolidación	Integrar los aprendizajes desarrollados durante la secuencia	Resolución de actividades integradoras, revisión de procedimientos y reflexión sobre las estrategias utilizadas	Orientación docente y uso de GeoGebra como apoyo para contrastar y comprobar los resultados	Revisión integradora de los procedimientos y retroalimentación sobre los resultados desarrollados

Nota. Cada sesión tuvo una duración de 60 minutos. El componente señalado corresponde al énfasis prioritario de cada sesión, sin implicar un tratamiento aislado de los restantes aprendizajes. La revisión de las actividades y la retroalimentación desarrolladas durante las sesiones tuvieron carácter formativo y se utilizaron para orientar el proceso de aprendizaje; no constituyeron mediciones adicionales del efecto de la intervención.

dimental, corrección de errores y resolución contextual, articulados con el uso de GeoGebra para la exploración y comprobación de procedimientos. El seguimiento de los aprendizajes durante las sesiones tuvo carácter formativo y se desarrolló mediante la revisión de ejercicios, el análisis de procedimientos y errores, la comprobación de resultados y la retroalimentación docente. Estas actividades permitieron orientar el proceso de aprendizaje durante la intervención, pero no se utilizaron como mediciones adicionales del efecto de la estrategia ni sustituyeron las mediciones establecidas mediante el pretest y el postest.

Recurso digital interactivo de apoyo

Como soporte complementario de la propuesta se utilizó un recurso digital interactivo desarrollado en Genially, desde el cual se organizaron contenidos, orientaciones y actividades vinculadas con el aprendizaje de las operaciones combinadas. Este recurso facilitó la navegación por la secuencia didáctica, mientras que GeoGebra se empleó durante las sesiones como herramienta de exploración, representación y comprobación de los procedimientos matemáticos. De este modo, ambos recursos cumplieron funciones diferenciadas dentro de la estrategia: según se presenta en la **Figura 1**, Genially como entorno de organización y acceso a los contenidos, y GeoGebra como herramienta de mediación matemática.

Valoración profesional de la propuesta didáctica

La valoración de la propuesta realizada por

los cinco profesionales comprendió 25 indicadores distribuidos en cinco dimensiones. La puntuación consolidada fue de 543 puntos de un máximo posible de 625, equivalente al 86,9 %. La dimensión con mayor valoración fue claridad metodológica (88,8 %), seguida de pertinencia pedagógica (88,0 %) y factibilidad de aplicación (86,4 %). Calidad técnica y uso de TIC y potencial de contribución al aprendizaje alcanzaron, en ambos casos, 85,6 %. Como se evidencia en la **Tabla 7**, en conjunto, los resultados muestran una apreciación predominantemente favorable de la pertinencia, coherencia metodológica, integración tecnológica y factibilidad de la propuesta por parte de los evaluadores.

Las observaciones cualitativas complementaron la valoración cuantitativa. Los evaluadores reconocieron especialmente la pertinencia de GeoGebra como recurso de mediación visual, la coherencia de la secuencia didáctica y su adecuación al contexto de educación extraordinaria. A su vez, formularon recomendaciones relacionadas con una mayor interacción directa de los estudiantes con la herramienta, la adaptación a distintos niveles de competencia digital, la disponibilidad de alternativas ante limitaciones tecnológicas, la organización del tiempo y el fortalecimiento de la evaluación formativa. Estas observaciones fueron consideradas para realizar ajustes menores antes de la implementación. La valoración profesional se interpretó como evidencia de revisión previa del diseño de la propuesta y no como demostración de su efectividad sobre el aprendizaje, aspecto que fue examina-



Figura 1: Recurso digital interactivo de la propuesta didáctica

Nota. Recurso digital desarrollado como apoyo a la implementación de la propuesta didáctica.

<https://view.genially.com/6a20735cf9072eef012ca482>

Tabla 7: Valoración profesional de la propuesta didáctica

Dimensión	Puntaje obtenido	Puntaje máximo	Valoración (%)
Pertinencia pedagógica	110	125	88,0
Calidad técnica y uso de TIC	107	125	85,6
Claridad metodológica	111	125	88,8
Factibilidad de aplicación	108	125	86,4
Potencial de contribución al aprendizaje	107	125	85,6
Total	543	625	86,9

Nota. Cada dimensión estuvo integrada por cinco indicadores valorados por cinco profesionales mediante una escala de 1 a 5. El porcentaje corresponde a la relación entre la puntuación obtenida y la puntuación máxima posible.

do posteriormente mediante las mediciones realizadas en los estudiantes.

4. Discusión

Los resultados mostraron diferencias entre las puntuaciones obtenidas antes y después de la implementación de la estrategia didáctica mediada por GeoGebra. La puntuación media pasó de 5,54 (DE=1,04) en el pretest a 7,80 (DE=0,86) en el posttest, mientras que la estimación de Hodges-Lehmann situó la diferencia en 2,25 puntos, con un

IC del 95 % [2,00, 2,50]. La prueba de rangos con signo de Wilcoxon mostró diferencias estadísticamente significativas entre ambas mediciones ($W = 0,00$; $p < 0,001$), acompañadas de un tamaño del efecto grande ($r=0,88$). Además, 27 de los 28 participantes obtuvieron puntuaciones superiores en el posttest y uno mantuvo la misma puntuación. Estos resultados condujeron al rechazo de la hipótesis nula y muestran un desempeño posterior superior dentro de las condiciones en que se desarrollaron ambas medicio-

nes. Su interpretación requiere considerar, sin embargo, que el pretest y el postest no fueron administrados bajo condiciones instrumentales completamente equivalentes.

El patrón observado es compatible con investigaciones recientes que han identificado resultados favorables cuando GeoGebra se integra en estrategias de enseñanza matemática. Marion et al. (2023) mediante un diseño cuasiexperimental, reportaron mejoras en el dominio de expresiones algebraicas con una estrategia de indagación y descubrimiento asistida por GeoGebra. En el contexto ecuatoriano, Lizano & Valencia (2024) también informaron resultados favorables en el aprendizaje de operaciones algebraicas básicas. Aunque estos antecedentes presentan proximidad temática con los hallazgos del presente estudio, las diferencias entre poblaciones, contenidos, instrumentos y diseños metodológicos impiden establecer equivalencias directas.

La correspondencia parcial con estos antecedentes aporta elementos para considerar el interés pedagógico de GeoGebra, pero no permite atribuir los cambios observados exclusivamente al software. Drijvers & Sinclair (2024) plantean que el análisis educativo de las tecnologías debe considerar los propósitos y las prácticas pedagógicas en las que estas se integran. En este estudio, GeoGebra formó parte de una estrategia que combinó resolución guiada, análisis de errores, retroalimentación y mediación docente. Por ello, los resultados deben interpretarse en relación con la experiencia didáctica desarrollada en su conjunto y no como evi-

dencia del efecto independiente de la herramienta tecnológica.

El análisis por dimensiones mostró que los cambios no fueron homogéneos. Los incrementos observados en jerarquía de operaciones, aplicación procedimental y corrección de errores son coherentes con una intervención orientada a hacer explícita la secuencia de resolución y a utilizar la representación y comprobación de procedimientos como parte del trabajo matemático. Este resultado adquiere particular relevancia en la jerarquía operacional, dado que los errores en el orden de las operaciones no dependen únicamente del conocimiento declarativo de una regla. Bye et al. (2024) en un estudio con 837 estudiantes, encontraron que los errores de precedencia estuvieron relacionados con la estructura de las expresiones y con procesos perceptivos implicados en el reconocimiento de expresiones equivalentes.

En este sentido, la visualización, el contraste y la revisión de secuencias de resolución incorporados en la estrategia pudieron favorecer una mayor atención a las relaciones entre las operaciones y no exclusivamente a la ejecución mecánica de cálculos. Esta interpretación es compatible con Zhang et al. (2025) quienes identificaron un efecto positivo de magnitud moderada a alta de la visualización dinámica mediante GeoGebra sobre el rendimiento matemático, y coincide parcialmente con los resultados de Marion et al. (2023) en expresiones algebraicas. No obstante, Zhang et al. (2025) también encontraron heterogeneidad entre los estudios, lo que desaconseja asumir beneficios unifor-

mes de la herramienta con independencia del contenido, la población o las condiciones pedagógicas de implementación.

La resolución contextual, aunque presentó un incremento descriptivo, permaneció como la dimensión con menor puntuación en el postest. Este comportamiento sugiere que un mejor desempeño en procedimientos operacionales no necesariamente se transfiere con la misma intensidad a tareas que demandan interpretar situaciones, identificar relaciones matemáticas y seleccionar las operaciones necesarias para resolverlas. El resultado no contradice la diferencia global observada entre las mediciones, sino que identifica un componente que requiere mayor atención didáctica. Futuras implementaciones deberían ampliar las tareas orientadas a la interpretación de problemas, la selección argumentada de operaciones y la transferencia de los procedimientos aprendidos a situaciones diversas.

Los resultados de satisfacción complementaron la información sobre el desempeño al mostrar una valoración predominantemente favorable de la experiencia educativa. Las cinco dimensiones superaron el 75 % de acuerdo favorable, con el porcentaje más elevado en motivación e interés (92,9 %), seguido de facilidad de uso del recurso digital y valoración general de la estrategia (89,3 % en ambos casos). Este patrón refleja una disposición positiva hacia la experiencia mediada por GeoGebra y resulta compatible con Sekali & Boentolo (2025) quienes documentaron relaciones favorables entre el uso pedagógico de GeoGebra, la motivación y

los resultados de aprendizaje matemático.

La satisfacción, sin embargo, no constituye una medida equivalente al aprendizaje. La dimensión comprensión del contenido presentó el menor acuerdo favorable (77,7 %) y la mayor dispersión de las respuestas ($DE=1,52$), mientras que motivación e interés alcanzó la valoración más alta. Esta diferencia muestra que una experiencia puede ser percibida como motivadora y favorable sin que todos los participantes manifiesten el mismo grado de seguridad respecto de su comprensión. En consecuencia, la encuesta aporta información sobre la experiencia percibida y complementa, pero no sustituye, las mediciones de desempeño.

Las entrevistas proporcionaron una tercera fuente para comprender la implementación. El rector, el vicerrector y el docente de matemáticas coincidieron en destacar la visualización de los procedimientos, la participación de los estudiantes y la relevancia de la mediación docente. Esta última apreciación encuentra respaldo en Gurmu et al. (2024) quienes mostraron que los resultados obtenidos con GeoGebra pueden variar según el método de enseñanza con el que se articula la herramienta. En el presente estudio, estas apreciaciones se interpretan como evidencia contextual sobre la experiencia desarrollada y no como una confirmación independiente de los cambios en el aprendizaje.

La integración de las fuentes mostró, por tanto, un patrón complementario: la prueba objetiva registró un desempeño posterior superior, la encuesta evidenció una valora-

ción favorable de la experiencia y las entrevistas aportaron elementos para comprender las condiciones pedagógicas de implementación. Esta complementariedad permite relacionar los hallazgos cuantitativos y cualitativos sin asumir que las fuentes miden el mismo fenómeno ni convertir su coincidencia en evidencia causal. Los matices identificados particularmente el menor desempeño en resolución contextual, la mayor variabilidad en la percepción de comprensión y las condiciones tecnológicas e institucionales señaladas por los informantes muestran, además, que la experiencia no produjo resultados uniformes en todos los componentes examinados.

La interpretación de las diferencias observadas requiere considerar, en primer lugar, la calidad de la medición. La prueba objetiva presentó coeficientes de consistencia interna bajos tanto en el pretest ($KR-20=.398$) como, especialmente, en el postest ($KR-20=.077$). Este comportamiento estuvo acompañado por heterogeneidad en la dificultad de los reactivos, relaciones ítem-resto débiles o negativas y una elevada concentración de respuestas correctas en determinados ítems después de la intervención. En consecuencia, aunque la comparación pretest-postest mostró una diferencia estadísticamente significativa y un tamaño del efecto grande, la baja consistencia interna introduce incertidumbre sobre la precisión de las puntuaciones y exige cautela al interpretar la magnitud de esa diferencia.

El descenso del $KR-20$ en el postest debe examinarse, además, considerando la reduc-

ción de la variabilidad de algunos reactivos. Varios ítems alcanzaron proporciones elevadas de respuestas correctas, incluso del 96,4 %, lo que redujo su capacidad para discriminar entre estudiantes con diferentes niveles de desempeño. Por ello, el coeficiente obtenido no debe interpretarse aisladamente como evidencia de ausencia de aprendizaje, sino como una limitación psicométrica de la medición en esta aplicación. Futuras investigaciones deberían revisar los reactivos con discriminación insuficiente, realizar estudios piloto y examinar las propiedades psicométricas de las formas de evaluación en muestras de mayor tamaño.

Una segunda limitación corresponde a la comparabilidad de las mediciones. El pretest y el postest fueron diseñados como formas paralelas con reactivos diferentes, conservando la misma estructura de 20 ítems, cuatro dimensiones, distribución de cinco reactivos por dimensión, escala de puntuación y demanda cognitiva general. Esta correspondencia permite sostener una equivalencia de construcción y contenido; sin embargo, no se realizó un procedimiento independiente de equiparación que permitiera demostrar equivalencia psicométrica de dificultad entre ambas formas. En consecuencia, no puede descartarse que parte de las diferencias observadas esté relacionada con variaciones en la dificultad específica de los reactivos utilizados en cada medición.

Una tercera limitación, especialmente relevante para interpretar el cambio pretest-postest, deriva de las condiciones de administración. El pretest se realizó antes de la

intervención sin apoyo de GeoGebra, mientras que durante el postest los estudiantes tuvieron acceso a la herramienta. Por consiguiente, el desempeño posterior puede reflejar conjuntamente los aprendizajes desarrollados durante la intervención y el apoyo tecnológico disponible durante la evaluación. El diseño empleado no permite separar ambos componentes ni determinar cuánto del cambio registrado corresponde al aprendizaje que los estudiantes podrían demostrar sin asistencia de GeoGebra. Esta condición obliga a interpretar los resultados como diferencias observadas en el contexto de implementación de la estrategia y no como evidencia del efecto independiente de la herramienta. Estudios posteriores deberían mantener condiciones instrumentales equivalentes entre mediciones o incorporar evaluaciones diferenciadas con y sin apoyo tecnológico.

A estas restricciones se añaden las propias del diseño preexperimental y del contexto investigado. El estudio se desarrolló con 28 estudiantes de un único grupo, sin asignación aleatoria ni grupo de comparación, por lo que no es posible descartar otras explicaciones relacionadas con el proceso educativo desarrollado durante el periodo de intervención. Asimismo, el abordaje censal se circunscribió a una sola institución y a una población adulta específica de educación general básica en modalidad extraordinaria, lo que limita la generalización de los resultados. En consecuencia, los hallazgos aportan evidencia contextual sobre el desempeño observado después de la intervención, pero no permiten establecer una relación causal

definitiva ni determinar la efectividad comparativa de la estrategia frente a otras alternativas pedagógicas.

Dentro de estas restricciones, el estudio aporta evidencia situada sobre la implementación de una estrategia didáctica mediada por GeoGebra con estudiantes adultos de educación general básica extraordinaria. Investigaciones desarrolladas en Ecuador también han reportado resultados favorables asociados al uso de GeoGebra en estudiantes de educación general básica (Macas-Macas et al., 2024); sin embargo, la población adulta en modalidad extraordinaria presenta condiciones formativas que no pueden asumirse equivalentes a las de estudiantes con trayectorias escolares regulares. Gal (2024) identificó una presencia reducida de estudios empíricos centrados específicamente en las prácticas de educación matemática y numeración con población adulta, lo que otorga pertinencia al análisis de experiencias desarrolladas en este tipo de contextos.

En este marco, el aporte del estudio no radica en demostrar la efectividad aislada de GeoGebra, sino en documentar una experiencia situada que articuló mediación tecnológica y pedagógica para abordar el aprendizaje de operaciones combinadas en un contexto educativo escasamente estudiado. Los resultados permiten identificar posibilidades pedagógicas, pero también condiciones metodológicas que deben fortalecerse en investigaciones posteriores. En particular, será necesario incorporar grupos de comparación, ampliar las muestras, mantener condiciones equivalentes de evaluación,

utilizar formas paralelas sometidas previamente a análisis psicométricos y considerar mediciones de seguimiento que permitan examinar la permanencia de los aprendizajes. Asimismo, resulta pertinente profundizar en cómo la mediación docente, el diseño de las actividades y las modalidades de uso de GeoGebra se relacionan con el aprendizaje matemático de jóvenes y adultos.

5. Conclusiones

- La comparación de las mediciones realizadas antes y después de la implementación de la estrategia didáctica mediada por GeoGebra mostró un patrón favorable en el desempeño observado de los estudiantes en operaciones combinadas. Las puntuaciones del postest fueron superiores a las del pretest en 27 de los 28 participantes, con una diferencia estadísticamente significativa y una magnitud grande, lo que condujo al rechazo de la hipótesis nula de ausencia de diferencias entre ambas mediciones. Estos hallazgos aportan evidencia sobre las diferencias registradas en el grupo después de la intervención y permiten considerar el potencial pedagógico de la estrategia en el contexto estudiado. Sin embargo, el diseño preexperimental empleado no permite atribuir causalmente dichas diferencias a GeoGebra ni separar el aprendizaje desarrollado durante la intervención del posible apoyo proporcionado por la herramienta durante la medición posterior.
- El análisis por dimensiones mostró incrementos descriptivos en jerarquía de operaciones, aplicación procedimental, corrección de errores y resolución contextual, aunque esta última permaneció como el componente de menor desempeño en el postest. Este patrón sugiere que las diferencias favorables observadas en los procedimientos operacionales no se manifestaron con la misma intensidad en tareas que requerían interpretar situaciones y seleccionar las operaciones pertinentes. El fortalecimiento de la resolución contextual constituye, por tanto, un componente prioritario para futuras aplicaciones de la propuesta, mediante actividades que profundicen en la interpretación, la toma de decisiones y la transferencia de procedimientos matemáticos a situaciones diversas.
- La valoración de los estudiantes y las percepciones recogidas mediante las entrevistas complementaron los resultados de desempeño al aportar información sobre la experiencia y las condiciones de implementación. La motivación, la visualización de los procedimientos, la interacción con el recurso y la mediación docente fueron valoradas favorablemente, mientras que también se identificaron necesidades relacionadas con el tiempo, la interacción directa con GeoGebra, los distintos ritmos de aprendizaje y las condiciones tecnológicas e institucionales. Estas evidencias perceptivas se interpretan como complementarias y no como mediciones adicionales de efectividad o

aprendizaje.

- El alcance de los hallazgos está condicionado por el diseño preexperimental de un solo grupo, el número de participantes, la ausencia de un grupo de comparación, la baja consistencia interna de la prueba objetiva, la falta de equiparación psicométrica independiente entre las formas de pretest y posttest y las diferentes condiciones de administración de ambas mediciones. En consecuencia, los resultados deben circunscribirse al grupo y al contexto investigados. Futuras investigaciones deberían incorporar diseños con grupos de comparación, muestras más amplias, instrumentos con propiedades psicométricas fortalecidas, condiciones equivalentes de evaluación y mediciones de seguimiento que permitan examinar la permanencia de los aprendizajes. También será pertinente analizar con mayor profundidad cómo la mediación docente y las distintas modalidades de interacción con GeoGebra se relacionan con el aprendizaje matemático de jóvenes y adultos en contextos de educación extraordinaria.

6. Conflicto de Intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

7. Derechos de autor (copyright)

Los autores son los titulares de los derechos de autor (patrimoniales y/o de explotación)

de los contenidos de la revista (copyright).

8. Declaración de contribución de los autores

Los autores declaran haber participado de manera equitativa y sustancial en la realización de esta investigación, bajo las responsabilidades según la Taxonomía CRediT para describir las contribuciones individuales de cada autor al trabajo. Jeniffer Francisca Moreira Zambrano & Johanna Cecibel Muriello Pico, realizaron la conceptualización de la investigación, organización y ejecución del ensayo, recopilación y curación de los datos, revisión del análisis estadístico, interpretación de los resultados, elaboración del borrador original, preparación de tablas y figuras, revisión crítica del contenido y aprobación de la versión final del manuscrito. Efraín Velasteguí López & Giceya Maquieira Caraballo, realizaron la supervisión académica y metodológica de la investigación, brindó orientación durante el desarrollo del ensayo, revisó el análisis y la interpretación de los resultados, efectuó la revisión crítica del manuscrito, realizaron la corrección científica y académica y aprobación de la versión final para su publicación.

8.1 Divulgación de la delegación a la IA generativa

Los autores declaran haber participado de manera equitativa y sustancial en la realización de esta investigación, bajo las responsabilidades según la Taxonomía CRediT para describir las contribuciones individuales de cada autor al trabajo. Jeniffer Francisca Moreira Zambrano & Johanna Cecibel Muriello Pico, realizaron la conceptualización de la investigación, organización y ejecución del ensayo, recopilación y curación de los datos, revisión del análisis estadístico, interpretación de los resultados, elaboración del borrador original, preparación de tablas y figuras, revisión crítica del contenido y aprobación de la versión final del manuscrito. Efraín Velasteguí López & Giceya Maquieira Caraballo, realizaron la supervisión académica y metodológica de la investigación, brindó orientación durante el desarrollo del ensayo, revisó el análisis y la interpretación de los resultados, efectuó la revisión crítica del manuscrito, realizaron la corrección científica y académica y aprobación de la versión final para su publicación.

llo Pico, realizaron la conceptualización de la investigación, organización y ejecución del ensayo, recopilación y curación de los datos, revisión del análisis estadístico, interpretación de los resultados, elaboración del borrador original, preparación de tablas y figuras, revisión crítica del contenido y aprobación de la versión final del manuscrito. Efraín Velasteguí López & Giceya Maqureira Caraballo, realizaron la supervisión académica y metodológica de la investigación, brindó orientación durante el desarrollo del ensayo, revisó el análisis y la interpretación de los resultados, efectuó la revisión crítica del manuscrito, realizaron la corrección científica y académica y aprobación de la versión final para su publicación.

9. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

10. References

- Bakker, A., Cai, J., & Zenger, L. (2021). Future themes of mathematics education research: An international survey before and during the pandemic. *Educational Studies in Mathematics*, 107(1), 1–24. <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10049-w>
- Bye, J. K., Chan, J. Y.-C., Closser, A. H., Lee, J.-E., Shaw, S. T., & Ottmar, E. R. (2024). Perceiving precedence: Order of operations errors are predicted by perception of equivalent expressions. *Journal of Numerical Cognition*, 10, e14103. <https://doi.org/10.5964/jnc.14103>
- Chavarría-Arroyo, G., & Albanese, V. (2023). Contextualized mathematical problems: Perspective of teachers about problem posing. *Education Sciences*, 13(1), 6. <https://doi.org/10.3390/educsci13010006>
- Drijvers, P., & Sinclair, N. (2024). The role of digital technologies in mathematics education: Purposes and perspectives. *ZDM: The International Journal on Mathematics Education*, 56(2), 239–248. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01535-x>
- Gal, I. (2024). Adult education in mathematics and numeracy: A scoping review of recent research. *ZDM: The International Journal on Mathematics Education*, 56(2), 293–305. <https://doi.org/10.1007/s11858-024-01549-z>
- Goos, M., Prendergast, M., O'Meara, N., & O'Sullivan, K. (2023). Supporting adults to become numerate citizens: A study of adult numeracy provision in Ireland. *ZDM: The International Journal on Mathematics Education*, 55(5), 995–1008. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01480-9>
- Gurmu, F., Tuge, C., & Hunde, A. B. (2024). Effects of GeoGebra-assisted instructional methods on students' conceptual un-

- derstanding of geometry. *Cogent Education*, 11(1), 2379745. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2379745>
- Lizano Villarreal, L. A., & Valencia Nuñez, E. R. (2024). Efectividad del software educativo GeoGebra en el aprendizaje de operaciones algebraicas básicas. *Revista Social Fronteriza*, 4(6), e46550. [https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4\(6\)550](https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4(6)550)
- Macas-Macas, A. del R., Pérez-Benítez, H. A., & Ramírez-Belisario, L. C. (2024). Influencia de GeoGebra en el aprendizaje matemático. Caso: Unidad Educativa El Tambo. *MQRInvestigar*, 8(4), 6757–6780. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.4.2024.6757-6780>
- Marion, Z., Abdullah, A. H., & Abd Rahman, S. N. S. (2023). The effectiveness of the GeoGebra-assisted inquiry-discovery learning strategy on students' mastery and interest in algebraic expressions. *International Journal of Information and Education Technology*, 13(11), 1681–1695. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2023.13.11.1977>
- McCulloch, A. W., Dick, L. K., & Lovett, J. N. (2023). A framework to support teacher noticing of students' mathematical thinking in technology-mediated environments. *School Science and Mathematics*, 123(7), 348–361. <https://doi.org/10.1111/ssm.12601>
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2016). Currículo de los niveles de educación obligatoria: matemática en el subnivel superior de educación general básica. https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Educacion-General-Basica-Superior4.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Padilla-Escorcía, I. A., García-Rodríguez, M. L., & Aguilar-González, Á. (2025). Mathematics teachers' knowledge in the use of digital technologies for teaching: Insights from the TPCSK instrument. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 20(4), em0851. <https://doi.org/10.29333/iejme/16836>
- Pereira Leite, E. A., & Pontin Darsie, M. M. (2021). Solución de problemas matemáticos y especificidades de la educación de jóvenes y adultos. *REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 9(2), e21065. <https://doi.org/10.26571/reamec.v9i2.12814>
- Schoenherr, J., Strohmaier, A. R., & Schukajlow, S. (2024). Learning with visualizations helps: A meta-analysis of visualization interventions in mathematics education. *Educational Research Review*, 45, 100639. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2024.100639>
- Sekali, E. C. B. K., & Boentolo, F. (2025). Effect of geogebra media use on mathematical learning outcomes build space / Pengaruh penggunaan media geogebra terhadap hasil belajar matematika bangun

ruang. Aletheia Christian Educators Journal, 6(1), 37–46. <https://doi.org/10.9744/aletheia.6.1.37-46>

Zhang, Y., Wang, P., Jia, W., Zhang, A., & Chen, G. (2025). Dynamic visualization by GeoGebra for mathematics learning: a meta-analysis of 20 years of research. Journal of Research on Technology in Education, 57(2), 437–458. <https://doi.org/10.1080/15391523.2023.2250886>