

GeoGebra y la comprensión de los polígonos regulares

GeoGebra and the Understanding of Regular Polygons

Pedro Luis Intriago Intriago¹, Santiago Paul León Granizo¹, Jesús Antonio Alba Cabañas¹, Gregory Edison Naranjo Vaca¹

Cita:

Intriago Intriago, P. L., León Granizo, S. P., Alba Cabañas, J. A., & Naranjo Vaca, G. E. (2026). GeoGebra y la comprensión de los polígonos regulares. *TESLA Revista Científica*, 6(2), e708. <https://doi.org/10.55204/trc.v6i2.e708>

Recibido: 15/06/2026

Revisado: 22/06/2026 al 24/07/2026

Corregido: 03/08/2026

Aceptado: 10/08/2026

Publicado: 10/08/2026

Licencia:

Los contenidos de este artículo están bajo una licencia Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). Los autores conservan los derechos morales y patrimoniales de sus obras.

The contents of this article are under a Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license. The authors retain the moral and patrimonial rights of their works.

Editor: Sin información

¹ Universidad Bolivariana del Ecuador, Durán, Ecuador

¹plintriagoi@ube.edu.ec, ¹spleong@ube.edu.ec, ¹jaalbac@ube.edu.ec, ¹genaranjov@ube.edu.ec

¹0009-0007-7854-8155; ¹0009-0004-4000-4476; ¹0009-0002-8815-9165; ¹0000-0001-9927-1182

Resumen: La investigación analizó los cambios en la comprensión de los polígonos regulares en estudiantes de décimo año de Educación General Básica de la Unidad Educativa Particular Ecuatoriano Suizo, después de implementar una secuencia didáctica mediada por GeoGebra. Se empleó un enfoque cuantitativo y un diseño preexperimental de un solo grupo con pretest y posttest. Participaron 48 estudiantes. La información se obtuvo mediante pretest, posttest y lista de cotejo, validados por juicio de expertos; la confiabilidad se estimó con el coeficiente Kuder-Richardson 20 (KR-20). El promedio aumentó de 2,79 en el pretest a 5,63 en el posttest. La prueba de Wilcoxon evidenció diferencias estadísticamente significativas entre ambas mediciones ($W = 4,500$; $p < 0,001$), y la ganancia normalizada de Hake fue media ($g = 0,308$). Se observaron incrementos en las dimensiones conceptual (26,74 puntos porcentuales), procedimental (17,03) y aplicativa (28,00). Los resultados muestran mejoras posteriores a la intervención y sugieren que la secuencia didáctica mediada por GeoGebra constituye una alternativa pertinente para apoyar el aprendizaje de los polígonos regulares en Educación General Básica.

Palabras clave: GeoGebra, polígonos regulares, geometría, estrategia didáctica, Educación General Básica.

Abstract: This study analyzed changes in the understanding of regular polygons among tenth-grade Basic General Education students at Unidad Educativa Particular Ecuatoriano Suizo after implementing a GeoGebra-mediated teaching sequence. A quantitative approach and a one-group pre-experimental pretest-posttest design were used with 48 students. Data were collected through a pretest, posttest, and checklist validated by expert judgment; reliability was estimated using the Kuder-Richardson 20 coefficient (KR-20). The mean score increased from 2.79 on the pretest to 5.63 on the posttest. The Wilcoxon test showed statistically significant differences between measurements ($W = 4,500$; $p < 0,001$), while the normalized Hake gain was medium ($g = 0,308$). Improvements were observed in the conceptual (26.74 percentage points), procedural (17.03), and application (28.00) dimensions. The results show improvements after the intervention and suggest that the GeoGebra-mediated teaching sequence is a relevant alternative for supporting the learning of regular polygons in Basic General Education.

Keywords: GeoGebra, regular polygons, geometry, teaching strategy, Basic General Education.

INTRODUCCIÓN

La comprensión de la geometría constituye uno de los principales desafíos en la Educación General Básica, debido a las dificultades que presentan los estudiantes para interpretar las propiedades y relaciones de las figuras geométricas. En este contexto, Farfán-Carrión y Mestre-Gómez (2023) señalaron que el predominio de metodologías tradicionales, centradas en la memorización de procedimientos, limita la comprensión conceptual de la geometría. Frente a esta realidad, la incorporación de herramientas tecnológicas como GeoGebra representa una alternativa para favorecer la visualización, la exploración y la construcción dinámica de conceptos geométricos. En este sentido, Santillán-Lima et al. (2017) destacaron la importancia de las tecnologías de la información y la comunicación en los procesos educativos, señalando su papel como soporte para responder a las nuevas necesidades de enseñanza y aprendizaje.

En el contexto ecuatoriano, el Ministerio de Educación del Ecuador (2016) estableció en el currículo de Educación General Básica que la enseñanza de la Matemática debía promover el desarrollo del pensamiento lógico, crítico y la resolución de problemas. No obstante, en la práctica educativa aún predominan metodologías expositivas para el estudio de los polígonos regulares, lo que dificulta la comprensión de sus propiedades y relaciones geométricas y favorece un aprendizaje centrado en la memorización de procedimientos y fórmulas.

El presente estudio se fundamenta en el modelo de Van Hiele (1986), el cual explica que el aprendizaje de la geometría progresa mediante niveles de razonamiento que evolucionan desde el reconocimiento visual de las figuras hasta la comprensión de sus propiedades y relaciones. En este sentido, Sierra Cárdenas y

Orozco P. (2025) sostuvieron que el modelo de Van Hiele orienta el diseño de estrategias didácticas acordes con el nivel de razonamiento geométrico de los estudiantes, favoreciendo el desarrollo progresivo del razonamiento geométrico. Asimismo, diversas investigaciones evidenciaron que el uso de GeoGebra favorece la visualización dinámica, el razonamiento espacial y la comprensión de conceptos geométricos, además de incrementar la motivación y el interés por el aprendizaje de la Matemática (Flores Cuevas et al., 2021; Medina Hidalgo et al., 2025). Esta perspectiva se complementa con la teoría de los registros de representación semiótica propuesta por Duval (2006), quien planteó que la comprensión de los conceptos matemáticos requiere la coordinación entre diferentes formas de representación, como la gráfica y la algebraica. En este sentido, GeoGebra facilita la articulación entre estos registros al permitir que los estudiantes relacionen representaciones dinámicas con procedimientos matemáticos, favoreciendo una comprensión más profunda de los conceptos geométricos.

En el ámbito específico de los polígonos regulares, Pinta Sarango y Muñoz Montalván (2024) encontraron que el uso de GeoGebra favorece la construcción dinámica y la comprensión de las propiedades de los polígonos regulares, fortaleciendo el desarrollo de habilidades geométricas en estudiantes de Educación General Básica. A pesar de estos avances, la revisión de la literatura evidencia que aún son escasas las investigaciones que evalúan secuencias didácticas estructuradas mediante diseños preexperimentales para fortalecer la comprensión de los polígonos regulares en estudiantes de Educación General Básica, lo que justifica el desarrollo de la presente investigación.

El objetivo de la presente investigación fue analizar los cambios en la comprensión conceptual, procedimental y aplicativa de los polígonos regulares en estudiantes de décimo año de Educación General Básica, después de la implementación de una secuencia de actividades dinámicas mediadas por GeoGebra orientada a la exploración de sus propiedades, construcción, relaciones angulares, perímetro, área y resolución de situaciones geométricas.

El principal aporte de esta investigación consiste en proporcionar evidencia empírica sobre los cambios observados en la comprensión de los polígonos regulares después de la implementación de una secuencia de actividades dinámicas mediadas por GeoGebra en estudiantes de décimo año de Educación General Básica. Los hallazgos aportan elementos para considerar esta propuesta como una alternativa metodológica contextualizada al sistema educativo ecuatoriano y muestran el potencial de las herramientas de geometría dinámica para apoyar la comprensión conceptual, procedimental y aplicativa de los polígonos regulares.

METODOLOGÍA

2.1 Enfoque y diseño

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, orientado a analizar los cambios en la comprensión de los polígonos regulares en estudiantes de décimo año de Educación General Básica tras la implementación de una secuencia de actividades dinámicas mediadas por GeoGebra. El diseño fue preexperimental con un solo grupo y medición pretest–postest, lo que permitió comparar el nivel de comprensión de los estudiantes antes y después de la intervención didáctica. Como apoyo a la interpretación de los resultados cuantitativos, se utilizaron los registros obtenidos mediante la lista de cotejo y las producciones digitales elaboradas por los estudiantes durante las actividades con GeoGebra.

El diseño de investigación fue preexperimental con un solo grupo y medición pretest–postest, representado mediante el esquema:

O_1 : Pretest (diagnóstico de ideas previas).

X : Secuencia didáctica innovadora con GeoGebra.

O_2 : Postest (evaluación de la ganancia de aprendizaje).

2.2 Participantes y contexto

2.2.1 Población y muestra

La muestra estuvo conformada por 48 estudiantes de décimo año de Educación General Básica de la Unidad Educativa Particular Ecuatoriano Suizo. La selección de los participantes se realizó mediante un

muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando la accesibilidad y disponibilidad del grupo para participar en la investigación. Este procedimiento permitió contar con un grupo que cumplía las condiciones necesarias para la aplicación del pretest, el desarrollo de la intervención didáctica y la aplicación del posttest, garantizando la obtención de información pertinente para analizar los cambios observados después de la implementación de la estrategia didáctica.

2.3 Intervención didáctica

La intervención didáctica, denominada “Polígonos en Construcción”, se desarrolló en cinco sesiones de 45 minutos cada una. Cada sesión se organizó siguiendo una secuencia metodológica común compuesta por cinco momentos: exploración dinámica, generación de conjeturas, justificación analítica, verificación tecnológica y consolidación del aprendizaje. Estos momentos permitieron orientar progresivamente las actividades desarrolladas con GeoGebra y articular la exploración visual con los procedimientos matemáticos y la resolución de situaciones geométricas.

2.3.1 Exploración dinámica

Los estudiantes construyeron polígonos regulares utilizando herramientas específicas de GeoGebra, tales como: la herramienta “Polígono regular”, la construcción de rectas paralelas y perpendiculares, la definición de puntos dependientes, y el uso de deslizadores para modificar dinámicamente el número de lados.

Durante esta fase, se aplicó el Drag Test (prueba de arrastre) como criterio de validación, permitiendo comprobar la invariancia de las construcciones y diferenciar entre representaciones estáticas y configuraciones geométricas teóricamente consistentes. A partir de estas acciones, los estudiantes observaron de manera interactiva las variaciones en forma, tamaño y estructura de los polígonos.

2.3.2 Generación de conjeturas

A partir de la manipulación de las construcciones dinámicas, los estudiantes formularon hipótesis sobre el comportamiento de los polígonos regulares, particularmente en relación con: la relación entre el número de lados y la amplitud de los ángulos interiores, las variaciones en el perímetro, y los cambios en el área. Estas conjeturas se sustentaron en la observación directa y la experimentación dinámica.

2.3.3 Justificación analítica

Los estudiantes aplicaron procedimientos matemáticos formales para el cálculo de ángulos interiores, perímetro y área de los polígonos regulares, estableciendo relaciones entre las representaciones gráficas obtenidas en el software GeoGebra y las expresiones algebraicas correspondientes.

Este proceso permitió contrastar los resultados empíricos obtenidos en el entorno dinámico con el conocimiento matemático formal, favoreciendo la validación de las conjeturas planteadas previamente.

Asimismo, se evidenció la articulación entre distintos registros de representación gráfico y algebraico, lo que contribuyó al fortalecimiento del razonamiento geométrico y la comprensión conceptual de las propiedades de los polígonos regulares.

2.3.4 Verificación tecnológica

Mediante las herramientas de medición y cálculo integradas en el software GeoGebra como la medición de ángulos, longitudes y áreas, se validaron las conjeturas y los procedimientos analíticos desarrollados previamente.

Este proceso permitió contrastar los resultados obtenidos en el entorno dinámico con los cálculos matemáticos formales, fortaleciendo la precisión conceptual y favoreciendo la retroalimentación inmediata durante el proceso de aprendizaje.

2.3.5 Consolidación del aprendizaje

Finalmente, los estudiantes resolvieron situaciones problemáticas contextualizadas vinculadas con aplicaciones de los polígonos regulares en entornos cotidianos, tales como patrones decorativos, diseño arquitectónico y distribución espacial.

Este proceso tuvo como propósito favorecer la transferencia de los conocimientos construidos hacia

contextos reales y significativos, promoviendo la aplicación del aprendizaje geométrico en escenarios diversos y fortaleciendo la comprensión conceptual.

2.4 Instrumentos

Para la recolección de información se emplearon un pretest, un postest y una lista de cotejo. Adicionalmente, las producciones digitales elaboradas por los estudiantes durante las actividades con GeoGebra se utilizaron como evidencias complementarias del proceso de aprendizaje y no formaron parte del análisis estadístico inferencial. Los cuestionarios desarrollados durante determinadas sesiones tuvieron una función exclusivamente formativa y de retroalimentación, por lo que sus resultados tampoco fueron considerados como variables del análisis estadístico.

Tabla 1

Instrumentos de recolección de datos

Instrumento	Propósito	Características	Momento de aplicación
Pretest	Diagnosticar el nivel inicial de comprensión de los polígonos regulares.	Prueba objetiva de 12 ítems distribuidos en las dimensiones conceptual, procedimental y aplicada.	Antes de la implementación de la secuencia didáctica.
Postest	Evaluar los cambios en la comprensión de los polígonos regulares tras la intervención.	Prueba objetiva de 12 ítems isomórficos al pretest.	Al finalizar la implementación de la secuencia didáctica.
Lista de cotejo	Registrar el desempeño de los estudiantes durante el desarrollo de las actividades.	Instrumento de observación con 9 indicadores relacionados con la participación, el manejo de GeoGebra y la construcción de representaciones geométricas.	Durante las cinco sesiones de la intervención.

Nota: Elaboración propia.

En conjunto, el pretest, el postest y la lista de cotejo proporcionaron la información necesaria para evaluar los cambios en la comprensión de los polígonos regulares y el desempeño de los estudiantes durante la implementación de la secuencia didáctica basada en GeoGebra.

2.5 Validez y confiabilidad de los instrumentos

La validez de contenido de los instrumentos fue establecida mediante juicio de dos expertos en el área de Matemática y Didáctica, quienes evaluaron la pertinencia, claridad, coherencia metodológica y correspondencia de los ítems con los objetivos de la investigación. Las observaciones emitidas fueron incorporadas antes de la aplicación de los instrumentos. Los resultados de la validación se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2

Resultados de la validación por juicio de expertos

Criterio evaluado	Experto 1	Experto 2	Resultado
Pertinencia	Aprobado	Aprobado	Aprobado
Claridad	Aprobado	Aprobado	Aprobado
Coherencia metodológica	Aprobado	Aprobado	Aprobado
Correspondencia con los objetivos	Aprobado	Aprobado	Aprobado

Nota: Elaboración propia.

La confiabilidad de los instrumentos se determinó mediante el coeficiente Kuder-Richardson 20 (KR-20), por tratarse de instrumentos con ítems de respuesta dicotómica. Los coeficientes obtenidos para el pretest, postest y lista de cotejo se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3

Confiabilidad de los instrumentos

Instrumento	N.º de ítems	KR-20	Nivel de confiabilidad
Pretest	12	0,243	Muy baja
Postest	12	0,785	Aceptable
Lista de cotejo	9	0,769	Aceptable

Nota: Elaboración propia.

Los resultados muestran que el postest (KR-20 = 0,785) y la lista de cotejo (KR-20 = 0,769) presentaron niveles de confiabilidad aceptables, lo que respalda su consistencia interna para evaluar los aprendizajes y el desempeño de los estudiantes durante la intervención. En contraste, el pretest obtuvo un coeficiente de

confiabilidad muy bajo ($KR-20 = 0,243$), lo que evidencia una reducida consistencia interna entre sus ítems. Este resultado constituye una limitación metodológica del estudio, por lo que los resultados de la evaluación diagnóstica y las comparaciones realizadas con el posttest deben interpretarse con cautela.

2.6 Consideraciones éticas

La investigación contó con la autorización de las autoridades de la Unidad Educativa Particular Ecuatoriano Suizo para la implementación de la propuesta didáctica. Asimismo, se obtuvo el consentimiento informado de los representantes legales y el asentimiento de los estudiantes, garantizando la participación voluntaria en el estudio.

Se aseguró la confidencialidad y el anonimato de la información recopilada, estableciendo que los datos obtenidos serían utilizados exclusivamente con fines académicos y de investigación.

2.7 Operacionalización de variables

La investigación consideró como variable independiente la secuencia didáctica mediada por GeoGebra y como variable dependiente la comprensión de los polígonos regulares. La operacionalización de ambas variables permitió establecer las dimensiones e indicadores utilizados para el diseño de los instrumentos y el análisis de los resultados, como se presenta en la tabla 4.

Tabla 4
Operacionalización de variables

Variable	Dimensiones	Indicadores	Técnica	Instrumento	Ítems
Propuesta didáctica con GeoGebra	Exploración dinámica y formulación de conjeturas	Construye polígonos regulares utilizando las herramientas de GeoGebra.	Observación	Lista de cotejo	1
Propuesta didáctica con GeoGebra	Exploración dinámica y formulación de conjeturas	Utiliza adecuadamente el comando Polígono Regular para realizar construcciones geométricas.	Observación	Lista de cotejo	2
Propuesta didáctica con GeoGebra	Exploración dinámica y formulación de conjeturas	Manipula dinámicamente las construcciones mediante el arrastre de puntos para comprobar su invariancia.	Observación	Lista de cotejo	3
Propuesta didáctica con GeoGebra	Exploración dinámica y formulación de conjeturas	Observa y describe los cambios producidos al modificar el número de lados del polígono regular.	Observación	Lista de cotejo	4
Propuesta didáctica con GeoGebra	Exploración dinámica y formulación de conjeturas	Formula conjeturas sobre la relación entre el número de lados y la medida de los ángulos internos.	Observación	Lista de cotejo	5
Propuesta didáctica con GeoGebra	Exploración dinámica y formulación de conjeturas	Formula conjeturas sobre la relación entre el perímetro, la apotema y el área del polígono regular.	Observación	Lista de cotejo	6
Propuesta didáctica con GeoGebra	Justificación matemática y verificación	Verifica las conjeturas formuladas mediante la manipulación dinámica de las construcciones en GeoGebra.	Observación	Lista de cotejo	7
Propuesta didáctica con GeoGebra	Justificación matemática y verificación	Contrasta los resultados obtenidos mediante la exploración dinámica con procedimientos matemáticos y algebraicos.	Observación	Lista de cotejo	8
Propuesta didáctica con GeoGebra	Justificación matemática y verificación	Explica las conclusiones obtenidas a partir de la exploración y representación de los polígonos regulares.	Observación	Lista de cotejo	9
Comprensión de los polígonos regulares	Conceptual	Identifica las características que definen a un polígono regular.	Evaluación	Prueba estructurada (Pre-test y Posttest)	1
Comprensión de los polígonos regulares	Conceptual	Comprende la relación entre el número de lados de un polígono regular y la medida de sus ángulos internos.	Evaluación	Prueba estructurada (Pre-test y Posttest)	3
Comprensión de los polígonos regulares	Conceptual	Identifica y comprende el concepto de apotema de un polígono regular.	Evaluación	Prueba estructurada (Pre-test y Posttest)	5
Comprensión de los polígonos regulares	Conceptual	Interpreta la relación entre el centro, los vértices y el radio de la circunferencia circunscrita.	Evaluación	Prueba estructurada (Pre-test y Posttest)	7
Comprensión de los polígonos regulares	Conceptual	Comprende la relación entre el radio de la circunferencia circunscrita y los vértices del polígono regular.	Evaluación	Prueba estructurada (Pre-test y Posttest)	9
Comprensión de los polígonos regulares	Conceptual	Reconoce las propiedades geométricas de un polígono regular en una situación contextualizada.	Evaluación	Prueba estructurada (Pre-test y Posttest)	12
Comprensión de los polígonos regulares	Procedimental	Identifica los datos iniciales necesarios para construir un polígono regular mediante el comando correspondiente de GeoGebra.	Evaluación	Prueba estructurada (Pre-test y Posttest)	2
Comprensión de los polígonos regulares	Procedimental	Aplica la fórmula para determinar la medida de los ángulos internos de un polígono regular.	Evaluación	Prueba estructurada (Pre-test y Posttest)	4
Comprensión de los polígonos regulares	Procedimental	Interpreta el uso de deslizadores de GeoGebra para analizar dinámicamente el comportamiento de los polígonos regulares.	Evaluación	Prueba estructurada (Pre-test y Posttest)	8
Comprensión de los polígonos regulares	Aplicativa	Identifica los elementos necesarios para calcular el área de un polígono regular.	Evaluación	Prueba estructurada (Pre-test y Posttest)	6
Comprensión de los polígonos regulares	Aplicativa	Relaciona la representación geométrica de un polígono regular con su expresión algebraica para determinar el área.	Evaluación	Prueba estructurada (Pre-test y Posttest)	10
Comprensión de los polígonos regulares	Aplicativa	Analiza la relación entre el número de lados de un polígono regular y su aproximación a una circunferencia.	Evaluación	Prueba estructurada (Pre-test y Posttest)	11

Fuente: Elaboración propia.

PROPUESTA DIDÁCTICA BASADA EN GEOGEBRA

Con el propósito de fortalecer la comprensión de los polígonos regulares en estudiantes de décimo año de Educación General Básica, se diseñó una secuencia didáctica conformada por cinco sesiones mediadas por el software GeoGebra. La propuesta se estructuró de manera progresiva para favorecer el reconocimiento de las propiedades de los polígonos regulares, su construcción y el cálculo de ángulos mediante actividades de exploración, visualización y manipulación dinámica.

La propuesta se fundamentó en el aprendizaje activo mediado por tecnologías digitales y en el uso de GeoGebra como recurso para promover la exploración, la construcción y el análisis de representaciones geométricas dinámicas. Las cinco sesiones fueron organizadas de manera secuencial, integrando actividades de aprendizaje y estrategias de evaluación orientadas al desarrollo de las dimensiones conceptual, procedimental y aplicativa.

La propuesta también consideró principios del aprendizaje significativo, según los cuales la incorporación de nuevos conocimientos se favorece cuando estos se relacionan con los conocimientos previos de los estudiantes (Ausubel, 2002). Asimismo, se consideró la perspectiva sociocultural del aprendizaje, que destaca la importancia de la interacción y de las herramientas mediadoras en la construcción del conocimiento (Vygotsky, 1978). Desde estas perspectivas, GeoGebra puede constituirse en un recurso mediador que facilite la exploración, la interacción y la construcción progresiva de conceptos geométricos.

Antes de su implementación, la propuesta fue sometida a un proceso de validación mediante juicio de dos expertos, quienes evaluaron su pertinencia, claridad, coherencia metodológica y viabilidad para su aplicación en el contexto educativo. La Tabla 5 presenta la estructura general de la secuencia didáctica implementada, mientras que el desarrollo detallado de las actividades se incluye como material complementario.

Tabla 5

Estructura general de la propuesta didáctica

Elemento	Redacción corregida
Contenido	Polígonos regulares inscritos en una circunferencia
Objetivo de aprendizaje	Analizar la relación entre los elementos de un polígono regular y la circunferencia circunscrita.
Actividad principal con GeoGebra	Construcción de polígonos regulares inscritos en una circunferencia y análisis de la relación entre el radio, los vértices y los ángulos centrales.
Evaluación	Cuestionario formativo.

Nota: Elaboración propia a partir de la secuencia didáctica diseñada para la investigación.

Con el propósito de analizar los resultados obtenidos en el pretest y el postest, los ítems fueron organizados de acuerdo con las dimensiones conceptual, procedimental y aplicativa definidas en la operacionalización de la variable. Esta distribución permitió evaluar de manera específica los diferentes componentes de la comprensión de los polígonos regulares. La Tabla 6 presenta la organización de los contenidos evaluados en cada dimensión.

Tabla 6

Distribución de los contenidos evaluados por dimensiones

Dimensión	Contenido evaluado	Ítems
Conceptual	Propiedades, elementos y relaciones geométricas de los polígonos regulares.	1, 3, 5, 7, 9 y 12
Procedimental	Construcción de polígonos regulares, uso de herramientas de GeoGebra y aplicación de procedimientos.	2, 4 y 8
Aplicativa	Resolución de problemas, interpretación de situaciones geométricas y aplicación de los conocimientos mediante GeoGebra.	6, 10 y 11

Nota: Elaboración propia.

Para evaluar los cambios en la comprensión de los polígonos regulares, se aplicó un pretest y un postest, ambos conformados por 12 ítems objetivos de selección múltiple con única respuesta. Ambos instrumentos fueron elaborados a partir de las destrezas con criterio de desempeño establecidas en el currículo de Matemática para décimo año de Educación General Básica y organizados en las dimensiones conceptual, procedimental y aplicativa, de acuerdo con los indicadores definidos para la investigación.

El pretest se aplicó antes de la implementación de la secuencia didáctica con el propósito de identificar el nivel inicial de comprensión de los estudiantes sobre las propiedades, la construcción y el cálculo de ángulos en los polígonos regulares. Una vez finalizadas las cinco sesiones mediadas por GeoGebra, se aplicó

el postest, manteniendo una estructura equivalente en cuanto a contenidos, nivel de dificultad y distribución de los ítems, con el fin de evaluar los cambios observados en el aprendizaje de los participantes.

Cada respuesta correcta recibió un valor de un punto, estableciéndose una puntuación máxima de 12 puntos. Los datos obtenidos fueron organizados en Microsoft Excel y analizados mediante IBM SPSS Statistics versión 29, utilizando estadística descriptiva e inferencial para analizar los cambios observados en la comprensión de los polígonos regulares después de la implementación de la secuencia didáctica mediada por GeoGebra.

Tabla 7

Escala de interpretación de los resultados del pretest y postest

Puntaje	Nivel de desempeño	Interpretación
11–12	Excelente	Demuestra un dominio sólido de las propiedades, construcción y aplicación de los polígonos regulares.
9–10	Bueno	Comprende la mayoría de los contenidos relacionados con los polígonos regulares y los aplica con pocas dificultades.
7–8	Aceptable	Presenta una comprensión parcial de los contenidos y requiere reforzar algunos aspectos conceptuales y procedimentales.
5–6	Elemental	Evidencia dificultades en la comprensión y aplicación de las propiedades y procedimientos relacionados con los polígonos regulares.
0–4	Insuficiente	No alcanza los aprendizajes esperados sobre los contenidos evaluados de los polígonos regulares.

Nota: Elaboración propia.

RESULTADOS

En el presente capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir de la aplicación del pretest, la implementación de la propuesta didáctica basada en GeoGebra y la aplicación del postest a los estudiantes de Décimo Año de Educación General Básica de la Unidad Educativa Particular Ecuatoriano Suizo. El propósito de este análisis es determinar los cambios observados en la comprensión de los polígonos regulares tras la implementación de la estrategia didáctica.

La información recopilada fue organizada y procesada mediante Microsoft Excel para el cálculo de frecuencias, porcentajes, medidas descriptivas y del coeficiente de confiabilidad Kuder-Richardson 20 (KR-20). Posteriormente, se realizó el análisis estadístico inferencial mediante el software IBM SPSS Statistics, aplicando la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y la prueba de comparación correspondiente para determinar si las diferencias entre el pretest y el postest fueron estadísticamente significativas. Asimismo, se calculó la ganancia normalizada de Hake con el fin de valorar el nivel de mejora alcanzado por los estudiantes después de la intervención didáctica.

Finalmente, los resultados se presentan organizados de acuerdo con las dimensiones conceptual, procedimental y aplicativa establecidas en la operacionalización de la variable, complementándose con la información obtenida mediante la lista de cotejo, la cual permitió evaluar el desempeño de los estudiantes durante el desarrollo de las actividades propuestas.

4.1 Análisis estadístico general

Antes de analizar las dimensiones conceptual, procedimental y aplicativa, se realizó un análisis estadístico inferencial con el propósito de determinar si existieron diferencias estadísticamente significativas entre las puntuaciones obtenidas en el pretest y el postest.

Para ello, inicialmente se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, con el fin de verificar si las diferencias entre las puntuaciones obtenidas en el pretest y el postest seguían una distribución normal. Con base en los resultados de esta prueba se seleccionó la prueba estadística más adecuada para comparar ambos momentos de evaluación.

Posteriormente, se aplicó la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas, debido a que los datos no cumplieron el supuesto de normalidad, permitiendo determinar si las diferencias observadas entre el pretest y el postest fueron estadísticamente significativas. Finalmente, se calculó la ganancia normalizada de Hake, con el propósito de establecer el nivel de mejora alcanzado por los estudiantes tras la implementación de la estrategia didáctica basada en GeoGebra.

Tabla 8**Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk)**

Variable	Estadístico W	Sig. (p)	Interpretación
Diferencias Pretest–Postest	0,863	<0,001	Los datos no presentan distribución normal.

Nota: Elaboración propia a partir de los resultados del pretest y postest.

Análisis e interpretación

La prueba de Shapiro-Wilk aplicada a las diferencias entre las puntuaciones del pretest y del postest presentó un nivel de significancia de $p < 0,001$, inferior al nivel establecido de $\alpha = 0,05$. En consecuencia, se rechazó el supuesto de normalidad. Debido a que las diferencias entre ambas mediciones no presentaron una distribución normal, se decidió utilizar una prueba estadística no paramétrica para comparar las puntuaciones obtenidas antes y después de la intervención didáctica.

Tabla 9**Prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas**

Comparación	Estadístico (W)	Sig. (Bilateral)	Interpretación
Pretest–Postest	4,500	<0,001	Existen diferencias estadísticamente significativas entre las puntuaciones del pretest y del postest.

Nota: Elaboración propia a partir de los resultados del pretest y postest.

Análisis e interpretación

La prueba de rangos con signo de Wilcoxon se utilizó para comparar las puntuaciones obtenidas por los estudiantes antes y después de la implementación de la secuencia didáctica mediada por GeoGebra, debido a que las diferencias entre ambas mediciones no cumplieron el supuesto de normalidad.

Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas entre las puntuaciones del pretest y del postest ($p < 0,001$), considerando un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$. En consecuencia, se rechazó la hipótesis nula de igualdad entre ambas mediciones.

Asimismo, se observó un incremento en el promedio de las puntuaciones después de la intervención. Estos resultados evidencian cambios favorables en el desempeño de los estudiantes después de la implementación de la secuencia didáctica mediada por GeoGebra. No obstante, considerando el carácter preexperimental del estudio, los resultados deben interpretarse como evidencia de cambios asociados temporalmente con la intervención y no como una demostración causal definitiva de su efecto.

Tabla 10**Ganancia normalizada de Hake**

PROMEDIO PRETEST	PROMEDIO POSTEST	GANANCIA DE HAKE (g)	NIVEL DE GANANCIA
2,79	5,63	0,308	Media

Nota: Elaboración propia a partir de los resultados del pretest y postest.

Análisis e interpretación

La ganancia normalizada de Hake permitió valorar el nivel de mejora alcanzado por los estudiantes después de la implementación de la estrategia didáctica basada en GeoGebra. El valor obtenido fue de $g = 0,308$, el cual corresponde a una ganancia normalizada media, de acuerdo con la clasificación propuesta por Hake (1998), donde valores entre 0,30 y 0,69 representan un nivel medio de ganancia.

Este resultado evidencia una mejora en el aprendizaje de los estudiantes después de la implementación de la secuencia didáctica, observándose un incremento en la comprensión de los polígonos regulares respecto de los conocimientos iniciales registrados en el pretest. Aunque aún existe margen para alcanzar niveles de aprendizaje más altos, los resultados sugieren cambios favorables en el proceso de enseñanza-aprendizaje después de la incorporación de GeoGebra como recurso para la visualización, exploración y construcción de conceptos geométricos.

4.2 Dimensión conceptual

La dimensión conceptual estuvo orientada a evaluar el nivel de comprensión de los estudiantes sobre las propiedades, los elementos y las relaciones geométricas de los polígonos regulares. Para ello se analizaron las respuestas correspondientes a las preguntas 1, 3, 5, 7, 9 y 12 del pretest y del postest. La comparación de los resultados obtenidos en ambos momentos permitió identificar los cambios en los conocimientos conceptuales alcanzados por los estudiantes después de la implementación de la propuesta didáctica basada en GeoGebra.

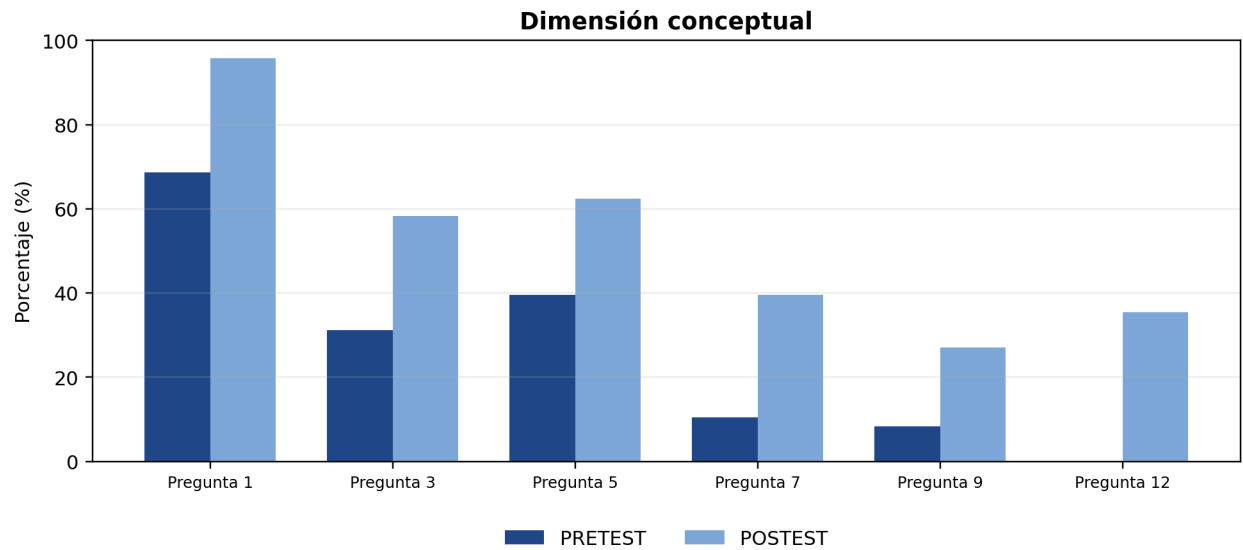
A continuación, se presentan los resultados comparativos de esta dimensión.

Tabla 11
Resultados comparativos de la dimensión conceptual (ítems 1, 3, 5, 7, 9 y 12)

Indicador de evaluación	Preguntas	Pretest (%)	Postest (%)	Incremento (%)
Comprende las propiedades de los polígonos regulares, sus elementos (radio, apotema) y las relaciones geométricas.	1, 3, 5, 7, 9 y 12	26,39	53,13	26,74

Nota: Elaboración propia a partir de los resultados del pretest y postest.

Figura 1
Comparación porcentual de los resultados del pretest y postest en la dimensión conceptual



Nota: Elaboración propia a partir de los resultados del pretest y postest.

Análisis e interpretación

Los resultados de la dimensión conceptual mostraron una mejora en el aprendizaje de los estudiantes después de la implementación de la secuencia didáctica mediada por GeoGebra. El porcentaje de respuestas correctas aumentó de 26,39 % en el pretest a 53,13 % en el postest, lo que representa un incremento de 26,74 puntos porcentuales. Estos resultados evidenciaron mejoras en la comprensión de las propiedades, los elementos y las relaciones geométricas de los polígonos regulares, observándose un cambio favorable en la dimensión conceptual.

4.3 Dimensión procedimental

La dimensión procedimental estuvo orientada a evaluar la capacidad de los estudiantes para aplicar procedimientos, utilizar las herramientas de GeoGebra y resolver actividades relacionadas con la construcción y el análisis de los polígonos regulares. Para ello se analizaron las respuestas correspondientes a las preguntas 2, 4 y 8 del pretest y del postest. La comparación de los resultados obtenidos antes y después de la implementación de la propuesta didáctica permitió identificar el desarrollo de las habilidades procedimentales alcanzadas por los estudiantes mediante el uso de GeoGebra.

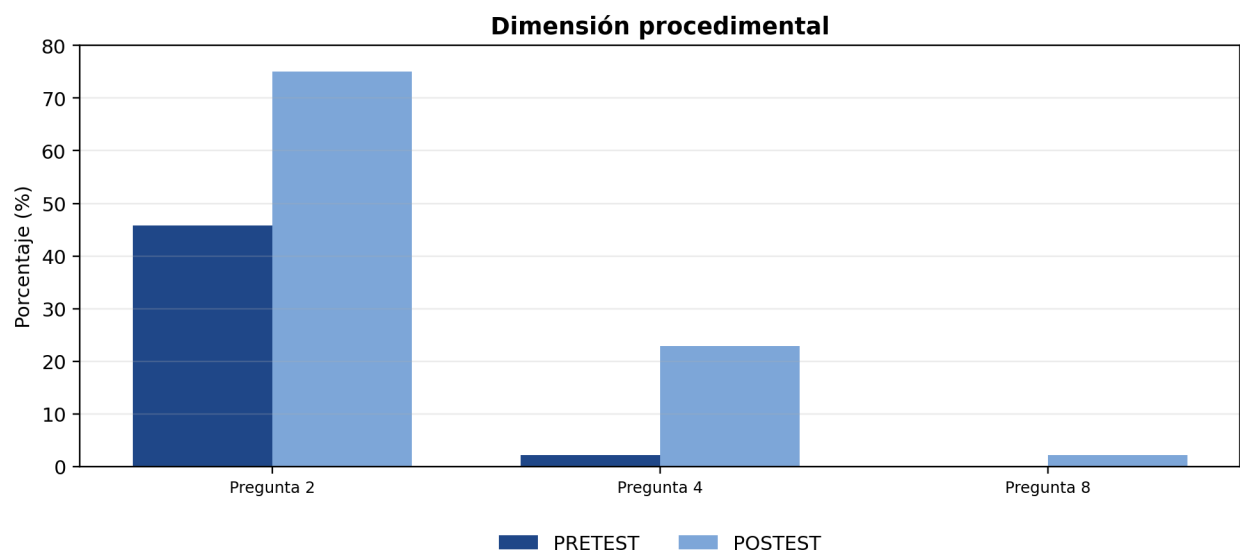
A continuación, se presentan los resultados comparativos de esta dimensión.

Tabla 12
Resultados comparativos de la dimensión procedimental (ítems 2, 4 y 8)

Indicador de evaluación	Preguntas	Pretest (%)	Postest (%)	Incremento (%)
Identifica comandos y herramientas de GeoGebra y aplica fórmulas y procedimientos de construcción.	2, 4 y 8	16,30	33,33	17,03

Nota: Elaboración propia a partir de los resultados del pretest y postest.

Figura 2
Comparación porcentual de los resultados del pretest y postest en la dimensión procedimental



Nota: Elaboración propia a partir de los resultados del pretest y postest.

Análisis e interpretación

Los resultados de la dimensión procedimental evidencian una mejora en las habilidades de los estudiantes para identificar comandos y herramientas de GeoGebra, así como para aplicar fórmulas y procedimientos relacionados con la construcción de polígonos regulares. En el pretest se obtuvo un 16,30 % de respuestas correctas, mientras que en el postest este porcentaje aumentó a 33,33 %, lo que representa un incremento de 17,03 puntos porcentuales.

Los resultados de la dimensión procedimental mostraron mejoras en el aprendizaje de los estudiantes después de la implementación de la secuencia didáctica mediada por GeoGebra. El porcentaje de respuestas correctas aumentó entre el pretest y el postest, evidenciándose un avance en las habilidades relacionadas con la construcción de polígonos regulares, el uso de las herramientas de GeoGebra y la aplicación de procedimientos geométricos. No obstante, los resultados obtenidos indican la necesidad de continuar fortaleciendo esta dimensión mediante actividades prácticas que permitan consolidar el dominio de los procedimientos.

4.4 Dimensión aplicativa

La dimensión aplicativa estuvo orientada a evaluar la capacidad de los estudiantes para aplicar los conocimientos adquiridos sobre los polígonos regulares en la resolución de problemas, interpretar situaciones geométricas y utilizar GeoGebra como herramienta para el análisis y modelación de figuras geométricas. Para ello se analizaron las respuestas correspondientes a las preguntas 6, 10 y 11 del pretest y del postest. La comparación de los resultados obtenidos antes y después de la implementación de la propuesta didáctica permitió identificar el nivel de desarrollo de las habilidades aplicativas alcanzadas por los estudiantes.

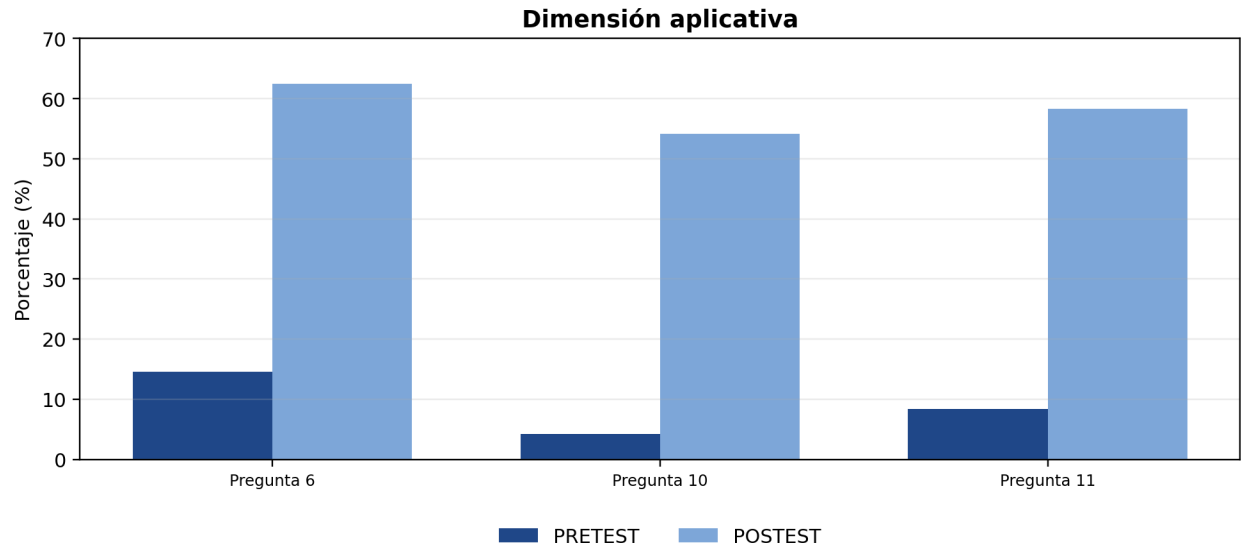
A continuación, se presentan los resultados comparativos de esta dimensión.

Tabla 13
Resultados comparativos de la dimensión aplicativa (ítems 6, 10 y 11)

Indicador de evaluación	Preguntas	Pretest (%)	Postest (%)	Incremento (%)
Interpreta cambios dinámicos y modela problemas geométricos mediante el uso de la tecnología.	6, 10 y 11	24,10	52,10	28,00

Nota: Elaboración propia a partir de los resultados del pretest y postest.

Figura 3
Comparación porcentual del pretest y postest en la dimensión aplicativa



Nota: Elaboración propia a partir de los resultados del pretest y postest.

Análisis e interpretación

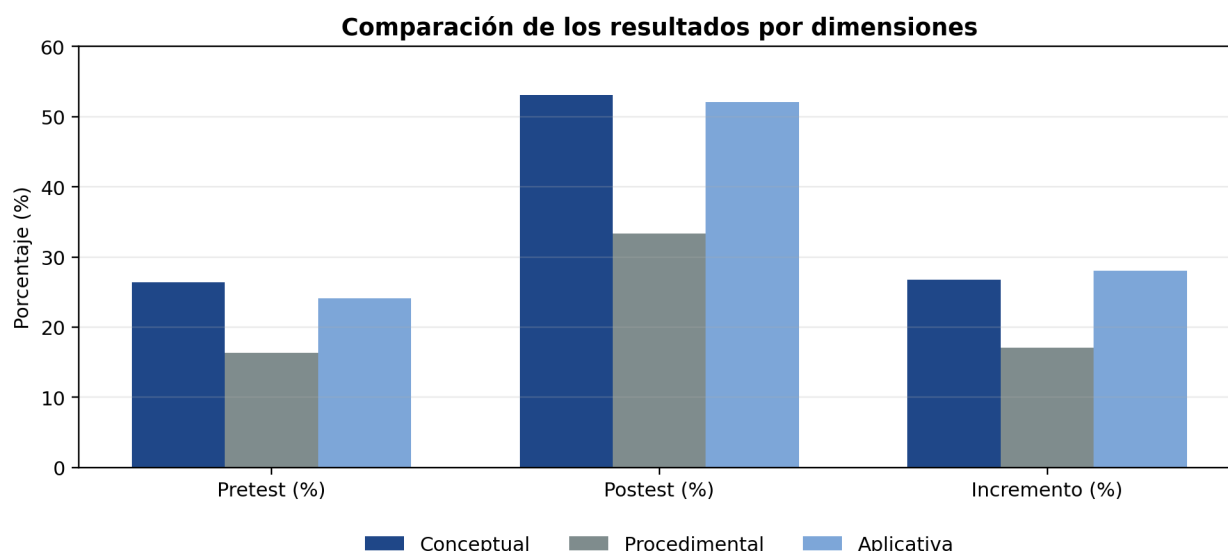
Los resultados de la dimensión aplicativa evidencian una mejora en la capacidad de los estudiantes para aplicar los conocimientos adquiridos en la interpretación y resolución de situaciones geométricas mediante el uso de GeoGebra. En el pretest se obtuvo un 24,10 % de respuestas correctas, mientras que en el postest este porcentaje aumentó a 52,10 %, lo que representa un incremento de 28,00 puntos porcentuales.

Los resultados de la dimensión aplicativa mostraron mejoras en el aprendizaje de los estudiantes después de la implementación de la secuencia didáctica mediada por GeoGebra. El incremento observado entre el pretest y el postest evidenció avances en la capacidad de los estudiantes para aplicar los conocimientos adquiridos en la resolución de situaciones geométricas. Estos resultados mostraron un cambio favorable en la dimensión aplicativa, particularmente en actividades relacionadas con la interpretación y resolución de problemas sobre polígonos regulares.

Tabla 14
Comparación de los resultados por dimensiones

Dimensión	Pretest (%)	Postest (%)	Incremento (%)
Conceptual	26,39	53,13	26,74
Procedimental	16,30	33,33	17,03
Aplicativa	24,10	52,10	28,00

Nota: Elaboración propia a partir de los resultados del pretest y postest.

Figura 4**Comparación porcentual de los resultados por dimensiones**

Nota: Elaboración propia a partir de los resultados del pretest y posttest.

La comparación de las tres dimensiones evidenció mejoras entre las mediciones realizadas antes y después de la implementación de la secuencia didáctica mediada por GeoGebra. Los mayores incrementos se observaron en las dimensiones aplicativa y conceptual, mientras que la dimensión procedimental, aunque también presentó avances, registró un incremento menor. Estos resultados muestran que las mayores mejoras se observaron en la aplicación de los conocimientos y en la comprensión conceptual de los polígonos regulares, mientras que las habilidades procedimentales requieren un mayor fortalecimiento mediante actividades prácticas.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos evidenciaron mejoras en la comprensión de los polígonos regulares después de la implementación de la secuencia didáctica mediada por GeoGebra en estudiantes de décimo año de Educación General Básica. La prueba de Wilcoxon mostró diferencias estadísticamente significativas entre las puntuaciones obtenidas en el pretest y el posttest ($p < 0,001$). Asimismo, el análisis por dimensiones evidenció avances en las dimensiones conceptual, procedimental y aplicativa, siendo esta última la que presentó el mayor incremento porcentual. Estos hallazgos sugieren cambios favorables en el aprendizaje de los contenidos geométricos trabajados durante la intervención; sin embargo, debido al carácter preexperimental del estudio y a la ausencia de un grupo de control, no es posible atribuir dichos cambios exclusivamente a la secuencia didáctica implementada.

Los hallazgos obtenidos son coherentes con el modelo de Van Hiele (1986), el cual plantea que el aprendizaje de la geometría progresa mediante niveles de razonamiento que evolucionan desde el reconocimiento visual de las figuras hasta la comprensión de sus propiedades y relaciones. En la presente investigación, la secuencia didáctica se organizó de acuerdo con esta progresión mediante actividades de exploración, construcción, análisis y aplicación de los polígonos regulares. Las mejoras observadas en las tres dimensiones evaluadas, especialmente en la dimensión aplicativa, sugieren un avance en la capacidad de los estudiantes para utilizar los conocimientos adquiridos en la resolución de situaciones relacionadas con los contenidos trabajados.

Estos resultados son consistentes con los planteamientos de Sierra Cárdenas y Orozco P. (2025), quienes sostuvieron que el modelo de Van Hiele constituyó un referente para diseñar estrategias didácticas ajustadas al nivel de razonamiento geométrico de los estudiantes. En este sentido, la organización secuencial de las actividades y el uso de GeoGebra se asociaron con una construcción gradual del conocimiento, observándose avances desde el reconocimiento de las propiedades de los polígonos regulares hasta su aplicación en la resolución de problemas.

Del mismo modo, los resultados coinciden con Flores Cuevas et al. (2021), quienes destacaron que

GeoGebra fortalecía el razonamiento espacial mediante la visualización dinámica de los objetos geométricos. En la presente investigación, las mejoras observadas después de las actividades de manipulación de construcciones dinámicas se manifestaron en contenidos relacionados con los elementos de los polígonos regulares, el cálculo del perímetro, del área y de los ángulos, así como en la interpretación de sus propiedades geométricas.

Los hallazgos también guardan relación con Medina Hidalgo et al. (2025), quienes señalaron que el uso de GeoGebra incrementaba la motivación y favorecía el aprendizaje de contenidos matemáticos. Durante la implementación de la propuesta se observó una participación activa de los estudiantes en las actividades de exploración y construcción. Esta participación coincidió con el incremento de las puntuaciones obtenidas en el postest y con las mejoras observadas en las dimensiones procedimental y aplicativa.

En relación con el aprendizaje de los polígonos regulares, los resultados también coinciden con Pinta Sarango y Muñoz Montalván (2024), quienes evidenciaron que GeoGebra favorecía la construcción dinámica y la comprensión de las propiedades geométricas. De forma similar, después de la intervención se observaron mejoras en la identificación de los elementos de los polígonos regulares, el cálculo del perímetro y del área, así como en la resolución de situaciones geométricas mediante el uso de herramientas tecnológicas.

Uno de los principales aportes de esta investigación radica en el diseño, validación e implementación de una secuencia didáctica de cinco sesiones mediadas por GeoGebra, estructurada de forma progresiva y contextualizada al currículo ecuatoriano de Educación General Básica. A diferencia de investigaciones que analizaron principalmente el efecto de GeoGebra sobre el rendimiento académico, este estudio aporta una propuesta didáctica organizada para fortalecer de manera integrada las dimensiones conceptual, procedimental y aplicativa de la comprensión de los polígonos regulares, cuyos resultados fueron analizados mediante un diseño preexperimental y procedimientos estadísticos descriptivos e inferenciales.

Desde la perspectiva del aprendizaje significativo, las mejoras observadas en la comprensión de los polígonos regulares fueron coherentes con los planteamientos de Ausubel (2002), quien destacó la importancia de relacionar los nuevos contenidos con los conocimientos previos de los estudiantes. En este sentido, las experiencias de exploración y manipulación desarrolladas con GeoGebra proporcionaron oportunidades para establecer relaciones entre los conocimientos previos y los nuevos contenidos geométricos. Asimismo, el trabajo colaborativo desarrollado durante las actividades fue coherente con la perspectiva sociocultural de Vygotsky (1978), quien destacó el papel de la interacción social y de las herramientas mediadoras en la construcción del conocimiento.

Aunque la ganancia normalizada de Hake ($g = 0,308$) correspondió a un nivel medio, este resultado pudo estar asociado a la duración de la intervención, limitada a cinco sesiones, y al nivel inicial de conocimientos de los estudiantes, factores que pudieron influir en el alcance de los aprendizajes logrados. No obstante, la investigación presenta algunas limitaciones. En primer lugar, la intervención se desarrolló con un solo grupo de 48 estudiantes pertenecientes a una institución educativa, lo que limita la generalización de los resultados y no permite establecer relaciones causales definitivas. En segundo lugar, el pretest presentó una consistencia interna muy baja ($KR-20 = 0,243$), aspecto que constituye una limitación metodológica y exige interpretar con cautela la medición inicial y las comparaciones realizadas con el postest. Finalmente, la propuesta se desarrolló en cinco sesiones, por lo que resulta pertinente evaluar intervenciones de mayor duración. En futuras investigaciones se recomienda revisar y fortalecer los ítems del pretest, realizar un pilotaje previo del instrumento, incorporar grupos de control, ampliar la muestra y evaluar la aplicación de GeoGebra en otros contenidos del currículo de Matemática.

En síntesis, los resultados obtenidos evidencian mejoras en la comprensión de los polígonos regulares después de la implementación de la secuencia didáctica mediada por GeoGebra. Las diferencias estadísticamente significativas observadas entre el pretest y el postest, junto con la ganancia normalizada media ($g = 0,308$) y los avances registrados en las dimensiones conceptual, procedimental y aplicativa, sugieren que la propuesta constituye una alternativa didáctica pertinente para fortalecer la enseñanza de la geometría. Sin embargo, estos resultados deben interpretarse considerando las características del diseño preexperimental, la ausencia de un grupo de control, el tamaño y procedencia de la muestra, la duración de la intervención y la baja consistencia interna obtenida en el pretest.

CONCLUSIONES

La fundamentación teórica sustentada en el modelo de Van Hiele y en el uso de herramientas de geometría dinámica permitió orientar el diseño de una secuencia didáctica basada en actividades de exploración, construcción, análisis y aplicación de los polígonos regulares, dirigida al desarrollo progresivo del razonamiento geométrico.

El diagnóstico inicial evidenció dificultades en la comprensión de las propiedades y los elementos de los polígonos regulares, así como en la aplicación de procedimientos relacionados con su construcción y la resolución de situaciones geométricas. Estos resultados permitieron orientar las actividades desarrolladas durante la intervención didáctica. No obstante, debido a la baja consistencia interna del pretest ($KR-20 = 0,243$), los resultados de la evaluación diagnóstica deben interpretarse con cautela.

La secuencia didáctica mediada por GeoGebra, estructurada en cinco sesiones, integró actividades orientadas al fortalecimiento de las dimensiones conceptual, procedimental y aplicativa. Las actividades de exploración y manipulación dinámica de las construcciones geométricas proporcionaron oportunidades para articular las representaciones visuales con los procedimientos matemáticos desarrollados por los estudiantes.

Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas entre las puntuaciones obtenidas en el pretest y el postest ($p < 0,001$), mientras que la ganancia normalizada de Hake ($g = 0,308$) correspondió a un nivel medio. Asimismo, se observaron incrementos en las tres dimensiones evaluadas, siendo la dimensión aplicativa la que presentó el mayor incremento, seguida de la conceptual y la procedimental. Estos hallazgos evidencian mejoras en el aprendizaje después de la implementación de la secuencia didáctica.

En conjunto, los resultados sugieren que la secuencia didáctica mediada por GeoGebra constituye una alternativa metodológica pertinente para apoyar la enseñanza y el aprendizaje de los polígonos regulares en Educación General Básica. Sin embargo, debido al carácter preexperimental de la investigación, la ausencia de un grupo de control, el tamaño y procedencia de la muestra, la duración de la intervención y la baja consistencia interna del pretest, no es posible atribuir causalmente las mejoras observadas exclusivamente a la intervención. Futuras investigaciones podrían incorporar grupos de comparación, ampliar la muestra y la duración de la intervención, así como fortalecer los instrumentos de evaluación mediante procesos previos de pilotaje y análisis de confiabilidad.

FINANCIACIÓN

Información pendiente de declaración por los autores.

CONFLICTO DE INTERESES

Información pendiente de declaración por los autores.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Los autores declaran su contribución al manuscrito de acuerdo con la taxonomía CRediT, conforme se detalla en la Tabla 15.

Tabla 15

Contribución de autoría según taxonomía CRediT

Participar activamente en:	P. Intriago	S. León	J. Alba	G. Naranjo
Conceptualización	X	X	X	X
Análisis formal	X	X	X	X
Investigación	X	X	X	X
Metodología	X	X	X	X
Administración del proyecto	X	X	X	X
Recursos	X	X	X	X
Redacción – borrador original	X	X	X	X
Redacción – revisión y edición	X	X	X	X
Discusión de los resultados	X	X	X	X
Revisión y aprobación de la versión final	X	X	X	X

Nota: Todos los autores participaron en las actividades declaradas y aprobaron la versión final del manuscrito.

REFERENCIAS

- Ausubel, D. P. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento: Una perspectiva cognitiva*. Paidós.
- Duval, R. (2006). A Cognitive Analysis of Problems of Comprehension in a Learning of Mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 61(1–2), 103–131. <https://doi.org/10.1007/s10649-006-0400-z>
- Farfán-Carrión, W. J., & Mestre-Gómez, U. (2023). Estrategia metodológica para el uso de recursos digitales en el aprendizaje significativo de las Matemáticas en el quinto grado de Educación General Básica. *MQRInvestigar*, 7(2), 515–532. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.2.2023.515-532>
- Flores Cuevas, F., Vásquez Martínez, C. R., & González González, F. A. (2021). El uso de las TIC en la enseñanza de conceptos geométricos en la educación básica. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo (RIDE)*, 12(23). <https://doi.org/10.23913/ride.v12i23.1024>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Medina Hidalgo, B., Millingalli-Torres, G., Guamán-Palate, C., & Pozo-Parra, J. (2025). El impacto del uso de GeoGebra en el aprendizaje de contenidos matemáticos en la educación básica superior: una revisión bibliográfica. *Multidisciplinary Latin American Journal (MLAJ)*, 3(3). <https://doi.org/10.62131/MLAJ-V3-N3-002>
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2016). *Currículo de los niveles de Educación Obligatoria*. Ministerio de Educación. <https://educacion.gob.ec>
- Pinta Sarango, M. E., & Muñoz Montalvan, R. W. (2024). *Desarrollo de habilidades geométricas con GeoGebra: el aprendizaje de los polígonos regulares en EGB*. Universidad Nacional de Educación, Azogues, Ecuador. <http://repositorio.unae.edu.ec/handle/56000/3628>
- Santillán-Lima, J. C., Rocha-Jacome, C., Guerrero-Morejón, K., Llanga-Vargas, A., Váscquez-Barrera, F., & Molina-Granja, F. (2017). El impacto de los servicios de telecomunicaciones y las TICs en las necesidades de la educación superior. En *IV Congreso Internacional de Ciencia Tecnología Innovación y Emprendimiento CITE*.
- Sierra Cárdenas, S. L., & Orozco P., J. A. (2025). Estrategia didáctica de la geometría plana y espacial desde el modelo de Van Hiele y el software GeoGebra. *Sinopsis Educativa. Revista Venezolana de Investigación*, 25(1), 799–805. https://revistas.upel.edu.ve/index.php/sinopsis_educativa/article/view/4617
- Van Hiele, P. M. (1986). *Structure and Insight: A Theory of Mathematics Education*. Academic Press.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.