

Integración de GeoGebra y herramientas digitales para el desarrollo del pensamiento espacial y geométrico en contextos educativos rurales: Revisión sistemática período 2020-2025

Integration of GeoGebra and Digital Tools for the Development of Spatial and Geometric Thinking in Rural Educational Contexts: A Systematic Review 2020–2025

Saida Luz Doria Pérez¹  Ana Cristina Herrera Ríos² 

¹ Saida Luz Doria Pérez. saida.doriap2025@uted.us. University of Technology and Education

² Ana Cristina Herrera Ríos. ana.herrera@uted.us. University of Technology and Education

DOI:
<https://doi.org/10.67461/xxv9fj02>

Correo del autor:

¹ saida.doriap2025@uted.us

² ana.herrera@uted.us

Fecha de recepción:
12/12/2025

Fecha de aceptación:
7/1/2026

Fecha de publicación:
01/07/2026

Resumen

El presente artículo analiza las fuentes existentes sobre la utilización de GeoGebra en la enseñanza de la geometría a partir de una revisión sistemática de tipo descriptivo, ante la necesidad de conocer la literatura existente para identificar tendencias, vacíos y las orientaciones recientes que sirvan para nutrir una propuesta de intervención educativa en un contexto rural colombiano. Se recopilaron publicaciones científicas entre los años 2020 y 2025 alojadas en bases de datos como Scopus, ERIC, Redalyc y SciELO, siguiendo el protocolo PRISMA para la búsqueda, la selección y el análisis de los estudios. Los criterios de inclusión consideraron aquellos estudios que abordaran el pensamiento espacial y/o geométrico en el contexto de la educación secundaria, que integraran GeoGebra como herramienta principal o en combinación con otras tecnologías digitales afines y que presentaran evidencias empíricas o teóricas publicadas en revistas indexadas. No se consideraron estudios enfocados exclusivamente en la educación superior o preescolar, los que no presentaban una relación explícita con el tema, los estudios duplicados o documentos sin acceso al texto completo. A partir de 1651 registros iniciales, se seleccionaron 38 estudios relevantes.

Los resultados indican un crecimiento sostenido, aunque no uniforme, de la producción científica, siendo las áreas de ciencias sociales, matemáticas y ciencias de la computación las que más se destacan, lo que evidencia el carácter interdisciplinario del campo. La producción está concentrada principalmente en Austria, España, la República Checa e Indonesia, mientras que Colombia y otros países de América del Sur tienen una participación limitada. Los resultados, en cuanto a la didáctica, indican que GeoGebra en particular sus entornos 3D favorecen la visualización geométrica, el razonamiento espacial, la motivación y el aprendizaje significativo. Asimismo, se identifica una línea emergente de estudios que integra GeoGebra con la realidad aumentada y el modelado 3D para estimular la creatividad matemática y las experiencias inmersivas durante el aprendizaje. No obstante, todavía hay barreras vinculadas a la capacitación

Citar Como: Integración de GeoGebra y herramientas digitales para el desarrollo del pensamiento espacial y geométrico en contextos educativos rurales: Revisión sistemática período 2020-2025. (s. f.). *Scientific Journal T&E*, 1(2). Recuperado 11 de junio de 2026, de <https://journals.uted.us/ojs/index.php/scientific/article/view/49>



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

de los docentes, la infraestructura y la adaptación pedagógica en contextos rurales. La principal contribución de esta revisión es mostrar la falta de estudios localizados en ruralidad latinoamericana y colombiana y ofrecer información sistematizada para justificar el diseño de una intervención didáctica contextualizada en instituciones rurales permeadas por la Ciénaga Grande de Lórica y contextos similares.

Palabras clave: educación rural, innovación didáctica en matemáticas, tecnologías emergentes, brecha digital, visualización geométrica.

Abstract

This article analyzes existing sources on the use of GeoGebra in the teaching of geometry through a descriptive systematic review, in response to the need to identify the available literature to detect trends, gaps and recent orientations that can inform an educational intervention proposal in a rural Colombian context. Scientific publications from 2020 to 2025 were collected from databases such as Scopus, ERIC, Redalyc and SciELO, following the PRISMA protocol for the search, selection and analysis of studies. The inclusion criteria considered studies that addressed spatial and/or geometric thinking in secondary education, integrated GeoGebra as the main tool or in combination with other related digital technologies and presented empirical or theoretical evidence published in indexed journals. Studies focused exclusively on higher education or preschool, those without an explicit relationship to the topic, duplicate records or documents without full-text access were excluded. From 1651 initial records, 38 relevant studies were selected.

The findings indicate a sustained, though not uniform, growth in scientific production, with social sciences, mathematics and computer science as the most prominent areas, which evidences the interdisciplinary nature of the field. The output is concentrated mainly in Austria, Spain, the Czech Republic and Indonesia, whereas Colombia and other South American countries show limited participation. From a didactic perspective, the results indicate that GeoGebra, particularly its 3D environments, enhances geometric visualization, spatial reasoning, motivation and meaningful learning. Likewise, an emerging line of studies integrates GeoGebra with augmented reality and 3D modelling to stimulate mathematical creativity and immersive learning experiences. Nevertheless, barriers linked to teacher training, infrastructure and pedagogical adaptation in rural contexts persist. The main contribution of this review is to show the lack of studies located in Latin American and Colombian rural settings and to provide systematized information that justifies the design of a contextualized didactic intervention in rural institutions permeated by the Ciénaga Grande de Lórica and similar contexts.

Keywords: rural education, didactic innovation in mathematics, emerging technologies, technological gap, geometric visualization.

Introducción

El pensamiento espacial y geométrico es una competencia relevante en el ámbito de la formación matemática, sobre todo en los niveles de básica y media, donde se van alternando capacidades como la visualización, la representación o el razonamiento, fundamentalmente porque gracias a estas aptitudes los estudiantes pueden conocer relaciones espaciales, resolver problemas geométricos o poner en relación el conocimiento matemático con el conocimiento del entorno que les rodea. En este sentido, herramientas digitales como GeoGebra, Khanmigo o Tinkercad se han convertido en poderosos aliados para dinamizar el aprendizaje. Es así como García-Lázaro y Martín-Nieto (2023) ponen de manifiesto que GeoGebra

Classic ayuda a comprender conceptos geométricos complejos, pero también potencia competencias digitales en los futuros docentes, mientras que Romero-Albaladejo y García-López (2023) informan que el uso de GeoGebra en el aula secundaria cambia las actitudes matemáticas de los estudiantes, promoviendo la autonomía, la perseverancia y una relación más positiva con las matemáticas. De hecho, ambos estudios coinciden en que la visualización interactiva y la manipulación de objetos geométricos favorecen la construcción significativa del conocimiento y del aprendizaje activo.

En Suramérica la literatura científica especializada ha puesto de manifiesto el adecuado impacto positivo de las tecnologías emergentes en el contexto escolar. En concreto, una parte de la literatura científica muestra que el uso de GeoGebra en secundaria incrementa la

motivación, la participación y el razonamiento geométrico (Martínez-Zapata et al., 2024; Moreno-Moyano, 2024; Pumacallahui-Salcedo et al. 2021); experiencias que comparten su implementación en Colombia, Ecuador y Perú, evidencian cómo el uso de estas herramientas digitales modifica las prácticas docentes y permite que los estudiantes construyan significados sólidos sobre los conceptos y propiedades geométricas a medida que exploran. Asimismo, otras investigaciones como la de Iparraguirre-Villanueva et al. (2024) en el contexto peruano confirman que la combinación de GeoGebra 3D con Realidad Aumentada crea entornos inmersivos que fortalecen la visualización espacial, dejando manifiesta la necesidad de desarrollar intervenciones contextualizadas que usen estas tecnologías para superar las dificultades de abstracción.

El área de investigación sobre GeoGebra se ha ido consolidando, y, en ese sentido, el análisis bibliométrico de Awaji et al. (2025) así lo muestra al identificar un crecimiento sostenido de la producción científica y una especialización progresiva en materias como la visualización y la formación del profesorado. Esto hace pensar que GeoGebra no es solo un programa, sino que se trata de un recurso que se enmarca en propuestas didácticas cada vez más estructuradas. Por otra parte, la incorporación de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial (IA) ha permitido ampliar el horizonte para personalizar el aprendizaje y ofrecer soportes más ajustados a las actividades del alumnado. En esta dirección, la revisión sistemática de Salas-Pilco y Yang (2022) indica que las aplicaciones educativas basadas en IA permiten predecir el rendimiento y ajustar recursos siempre que se basen en marcos pedagógicos claros. En el contexto de esta revisión, esto abre una vía complementaria: GeoGebra refuerza la visualización y la exploración geométrica a la vez que la IA puede reforzar la tutorización y la retroalimentación, algo que puede ser especialmente importante en contextos rurales que requieren apoyos diferenciados.

En este sentido, los sistemas de tutoría inteligente (ITS) como Khanmigo constituyen una buena oportunidad en las aulas para el acompañamiento y la retroalimentación inmediata. Estos sistemas ofrecen un andamiaje multidimensional (Hou et al., 2023), sus tutorías personalizadas se adaptan a las necesidades y ritmos del estudiante. De este modo, se fomenta el conocimiento conceptual al mismo tiempo que la autonomía y perseverancia, estableciendo ambientes de aprendizaje que se centran en las características de los estudiantes, en entornos más inclusivos y que reducen las disparidades

educativas y brechas digitales, especialmente en contextos rurales (Awaji et al., 2025; Menouer et al., 2025).

Algunos trabajos de investigación recientes han ideado modelos instruccionales que hacen confluir tecnologías junto con metodologías activas y enfoques culturales. Para ilustrar lo expuesto, Sudirman et al. (2022) integran GeoGebra y realidad aumentada mediante el modelo 6E con relación al pensamiento geométrico tridimensional, del mismo modo Azmi et al. (2025) establecen un enlace entre el diseño arquitectónico local y el pensamiento computacional, contribuyendo así a la contextualización del aprendizaje. Estas investigaciones también confirman que el efecto de la tecnología es dependiente del diseño pedagógico que la acompaña, además el hecho de que la vinculación con el entorno cultural y productivo del alumno favorece la significatividad del aprendizaje.

En este sentido, el presente artículo tiene como finalidad llevar a cabo una revisión sistemática de la literatura para el periodo comprendido entre 2020-2025 sobre la utilización de GeoGebra y herramientas digitales en el fortalecimiento del pensamiento espacial y geométrico. Con el análisis de 38 investigaciones seleccionadas en bases de datos como Scopus, ERIC, SciELO y Redalyc, se encuentran tendencias, enfoques teóricos, vacíos metodológicos y oportunidades de elaboración de diseños de intervención educativa en contextos rurales colombianos. Esta revisión no solo fundamenta la propuesta doctoral, sino que también contribuye a la construcción de un marco pedagógico y tecnológico que responda a los desafíos actuales de la educación matemática desde una perspectiva situada, equitativa y sostenible.

Metodología

La revisión sistemática se considera un procedimiento imprescindible para la profundización de rigor metodológico y para la promoción de la relevancia científica de la propuesta educativa. Para Sánchez-Meca (2022) la revisión sistemática y el metaanálisis son procedimientos afianzados mediante los cuales se consigue realizar una síntesis exigente de los resultados de estudios empíricos y responder a preguntas de investigación específicas. En este contexto, las investigaciones más recientes acerca de la educación rural en Colombia (Suárez-Caro & Camacho-Bonilla, 2023; Jaramillo-Neira et al., 2024) evidencian que es preciso tomar decisiones pedagógicas fundamentadas en evidencia para crear intervenciones que se adapten a las circunstancias y que aborden los retos de equidad educativa y las brechas estructurales en áreas rurales; por lo tanto, la revisión sistemática se presenta como una herramienta idónea para sustentar el ejercicio educativo y colaborar con la creación de políticas que incrementen sostenida y adecuadamente la calidad educativa.

Este artículo presenta una revisión sistemática de tipo descriptivo, organizada de acuerdo con las directrices de la familia PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) y las recomendaciones del Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions, con el propósito de asegurar que cada etapa del proceso de síntesis de evidencias sea clara, completa y rastreable (Higgins et al., 2019; Sánchez-Meca, 2022). Las investigaciones incluidas corresponden a trabajos publicados entre 2020 y 2025, recuperados en bases de datos de alto impacto como Scopus y en repositorios académicos como Redalyc, SciELO y ERIC. A través de estos recursos se identificaron tendencias, perspectivas teóricas y lagunas en la comprensión del pensamiento espacial y de los sistemas geométricos, insumos que posteriormente sirven de base para el diseño de una propuesta educativa situada en un contexto rural colombiano (Intriago et al., 2025).

Criterios de elegibilidad

En la lógica de PRISMA, es importante distinguir entre los estudios (las investigaciones propiamente dichas) y los reportes (los documentos donde se comunican esos estudios, como los artículos publicados en revistas arbitradas). En esta revisión se trabajó exclusivamente con reportes en forma de artículos científicos, tanto de investigación empírica como de revisión, publicados en revistas con algún tipo de indexación. Desde el punto de vista temático, el foco central se ubicó en el uso de GeoGebra como herramienta principal de mediación didáctica en geometría. Por ello, se incluyeron estudios que cumplieran simultáneamente con las siguientes condiciones: abordar el pensamiento espacial y/o geométrico en el contexto de la educación secundaria; usar GeoGebra de manera explícita en la enseñanza y el aprendizaje de contenidos geométricos o de visualización espacial; integrar GeoGebra de forma aislada o en combinación con otras tecnologías digitales afines (por ejemplo, entornos 3D, realidad aumentada, modelado 3D o sistemas de tutoría inteligente), siempre que GeoGebra mantuviera un papel relevante en la propuesta; presentar resultados empíricos (cuantitativos, cualitativos o mixtos) o desarrollos teóricos vinculados con la didáctica de la geometría y el pensamiento espacial.

En contraste, se excluyeron los trabajos centrados exclusivamente en educación superior o preescolar, aquellos que no tenían una relación clara con la temática (por ejemplo, estudios de matemáticas sin referencia a GeoGebra o al pensamiento espacial), los documentos duplicados y los reportes sin acceso al texto completo. De este

modo, se buscó mantener un equilibrio entre amplitud en la búsqueda y pertinencia respecto al objetivo de la revisión.

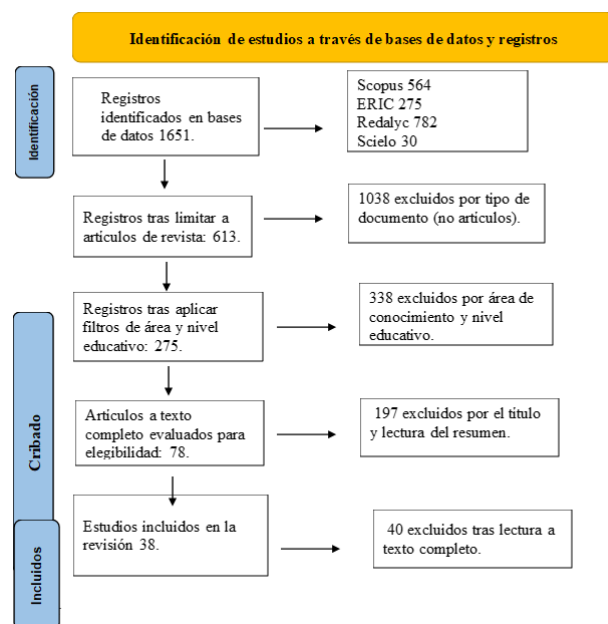
Estrategia de búsqueda

La fase de identificación comenzó con una búsqueda amplia en las cuatro bases de datos seleccionadas. Para ello, se utilizaron cadenas de palabras clave adaptadas a cada plataforma: “GeoGebra and geometry” en Scopus, “GeoGebra in Education” en ERIC y “GeoGebra en geometría” en SciELO y Redalyc. El propósito fue combinar una mirada internacional con una perspectiva regional (especialmente latinoamericana). Esta primera búsqueda arrojó 1651 registros: 564 en Scopus, 275 en ERIC, 782 en Redalyc y 30 en SciELO. Este volumen inicial se asumió como un punto de partida suficientemente amplio para explorar la producción reciente sobre GeoGebra, geometría y pensamiento espacial en educación secundaria.

Posteriormente se realizó una primera depuración automática para mejorar la pertinencia del corpus. En esta fase se restringió el tipo de documento exclusivamente a artículos de revista, lo que redujo el conjunto a 613 registros y dejó por fuera 1.038 documentos (por ejemplo, capítulos de libro, actas de congreso o reseñas). Después se aplicaron filtros temáticos, de área de conocimiento y de nivel educativo, ajustados a cada base de datos: en Scopus se limitó la búsqueda al área de Mathematics; en ERIC se combinaron términos como geometry y secondary education; en Redalyc se filtró por el campo de “Educación”; y en SciELO se mantuvieron criterios equivalentes. Al finalizar este proceso, el corpus se redujo a 275 artículos potencialmente relevantes.

Sobre estos 275 artículos se llevó a cabo un cribado más fino. Primero se revisaron títulos y resúmenes para comprobar la relación efectiva con la enseñanza de la geometría, el uso de GeoGebra y el desarrollo del pensamiento espacial en educación secundaria. Esta lectura inicial permitió seleccionar 78 trabajos para un análisis más detallado a texto completo. En esta última fase se examinaron con cuidado los objetivos, el nivel educativo, el tipo y profundidad del uso de GeoGebra (solo o combinado con otras tecnologías) y la disponibilidad del texto completo. Como resultado, se excluyeron 40 artículos que no cumplían plenamente los criterios de inclusión definidos (por nivel educativo, foco temático o acceso incompleto). De este recorrido resultó el corpus definitivo de 38 estudios, que sirvió de base para el análisis bibliométrico, didáctico y de impacto-relevancia. Todo el proceso se resume de manera gráfica en el diagrama de flujo PRISMA presentado en la Figura 1.

Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA del proceso de selección de estudios.



elaboración propia (2025) a partir de los registros obtenidos en Scopus, ERIC, Redalyc y SciELO

Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo

Durante la selección y el análisis de los estudios se revisaron aspectos básicos de calidad metodológica. Por ejemplo, se tuvo en cuenta el tipo de diseño (cuasiexperimental, estudio de caso, revisión o metaanálisis), la claridad con la que se describía la intervención, la coherencia entre objetivos, método y resultados, y la pertinencia de los instrumentos o procedimientos de análisis empleados. Sin embargo, en esta revisión no se aplicó una herramienta formal y estandarizada para evaluar el riesgo de sesgo (como listas de chequeo o instrumentos específicos según el tipo de estudio), aunque su uso es recomendado en revisiones sistemáticas (Higgins et al., 2019; Page et al., 2021; Sánchez-Meca, 2022). Esta decisión se explica por la heterogeneidad del corpus que incluye diseños muy distintos y por el carácter principalmente descriptivo de la síntesis. Reconocemos que esto constituye una limitación metodológica, porque impide comparar con mayor precisión la calidad interna de cada estudio. Aun así, se buscó reducir este efecto mediante criterios de inclusión exigentes, el uso de bases de datos indexadas y un análisis complementario de impacto y relevancia, que permitió valorar de forma global qué tan sólida y pertinente era la evidencia seleccionada para los propósitos de la revisión.

Síntesis de resultados

La síntesis de los resultados de los 38 documentos elegibles se realizó mediante un enfoque narrativo y temático, siguiendo las recomendaciones PRISMA para revisiones sistemáticas (Higgins et al., 2019; Page et al., 2021). Para ello, los estudios seleccionados se agruparon de acuerdo con sus objetivos principales y con las categorías de análisis definidas en el protocolo de la revisión: enfoques pedagógicos, tecnologías asociadas, impacto en el pensamiento espacial y limitaciones reportadas. Este agrupamiento permitió organizar la información de manera coherente y, al mismo tiempo, construir un relato analítico que relaciona cómo se está utilizando GeoGebra solo o en combinación con otras tecnologías en la enseñanza de la geometría en educación secundaria.

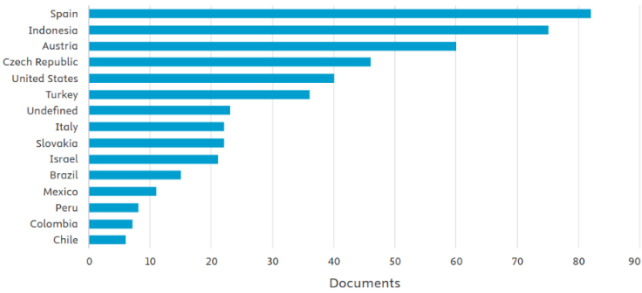
A partir de esta organización temática fue posible argumentar en torno a las tendencias predominantes, los vacíos conceptuales y los enfoques teóricos que orientan el trabajo con pensamiento espacial y sistemas geométricos. El proceso completo de depuración, desde la identificación inicial de los registros hasta la inclusión final de los 38 estudios en el corpus de la revisión, se presenta de manera resumida en la Figura 1 (Diagrama de flujo PRISMA), lo que facilita visualizar el recorrido seguido y la justificación de cada decisión de inclusión y exclusión. La aplicación del protocolo PRISMA garantiza un proceso claro y verificable, logrando de esta manera la construcción de una buena base de evidencias científicas sobre la influencia del uso de GeoGebra en el desarrollo del pensamiento espacial, enmarcada en pluralidad geográfica de los estudios revisados (Europa, Asia, África y América Latina).

La Figura 2 representa el ámbito de las publicaciones científicas sobre el uso de GeoGebra en geometría, indexadas en Scopus, en función del país. España, con aproximadamente 82 documentos que representan un 14.5 % del total (564 publicaciones), e Indonesia, con aproximadamente 75 documentos (13.3 %), son los que muestran un mayor volumen de publicaciones. Les siguen Austria, con 60 documentos (10.6 %), y la República Checa, con 46 documentos (8.2 %), lo que indica una clara hegemonía en dicha área de investigación por parte de Europa y Asia. Estados Unidos, Turquía e Italia, por su parte, contribuyen de manera moderada con porcentajes del 7.1 %, 6.4 % y 4.1 %, respectivamente. Mientras tanto, naciones como Brasil (2.7 %), México (2 %), Perú (1.4 %), Colombia (1.2 %) y Chile (1.1 %) brindan una contribución mucho más baja. Esto indica una gran disparidad en la producción científica de América Latina respecto al empleo de GeoGebra, especialmente cuando se utiliza en el ámbito escolar.

Los datos avalan la necesidad de reforzar la investigación en Colombia sobre el uso de GeoGebra en el aula. Ello podría suponer una evolución en la forma

de entender la enseñanza y la interacción con el diseño de entornos de aprendizaje en el contexto de la enseñanza matemática, junto a la innovación pedagógica y la equidad digital en el ámbito de la enseñanza y el aprendizaje en comunidades rurales.

Figura 2. Distribución Geográfica de la Producción Científica sobre el Uso de GeoGebra en Geometría, según la Base de Datos Scopus (2020-2025)



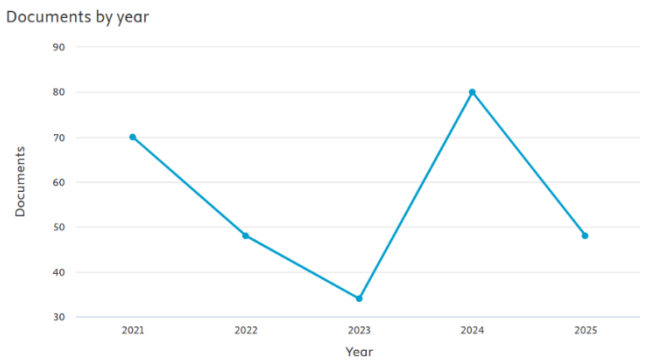
Nota. Tomado de Scopus (2025)

La Figura 3, refleja las publicaciones sobre la utilización de GeoGebra en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la geometría registradas en la base de datos Scopus (2020-2025). Analizar este lapso temporal muestra una evolución oscilante con momentos altos y bajos que son característicos de la investigación educativa post pandemia. En el 2021 se pone en evidencia una producción alta (aproximadamente 70 documentos), tal vez derivada del crecimiento de la enseñanza digital y la consolidación de un conjunto de investigaciones que surgieron en torno al confinamiento motivado por la COVID-19, cuando la enseñanza digital y las herramientas virtuales, siendo GeoGebra un ejemplo, pasaron a ser importantes canales de enseñanza. El 2022 y el 2023 muestran una reducción en la producción (alrededor de 48 y 35 documentos respectivamente), lo que podemos considerar como un periodo de estabilización tras el retorno a la enseñanza presencial, donde la reestructuración de los modelos híbridos tuvo el protagonismo adecuado.

Secuencialmente, en el año 2024, se produce un notorio crecimiento en el número de documentos que asciende a unos 80, indicando una reactivación del interés científico por enfoques más integrados, en los que se fusionan GeoGebra y realidad aumentada, inteligencia artificial y modelado 3D. Por último, en 2025 hay un descenso en la producción de documentos (48 aproximadamente), aunque se presenta una ligera caída, el nivel de producción se mantiene alto en comparación con años anteriores, reflejando la madurez del campo y su expansión hacia contextos

interdisciplinarios. En su conjunto, los datos confirman que la investigación sobre GeoGebra sigue un ciclo creciente, a pesar de que existen ciclos de ajuste relacionados con cuestiones contextuales a nivel global. Las tendencias mostradas reflejan la madurez del propio campo y la consolidación de GeoGebra como instrumento de innovación pedagógica del aprendizaje geométrico

Figura 3. Distribución Anual de la Producción Científica sobre la Utilización de GeoGebra en la Enseñanza de la Geometría, según la Base de Datos Scopus (2020-2025).

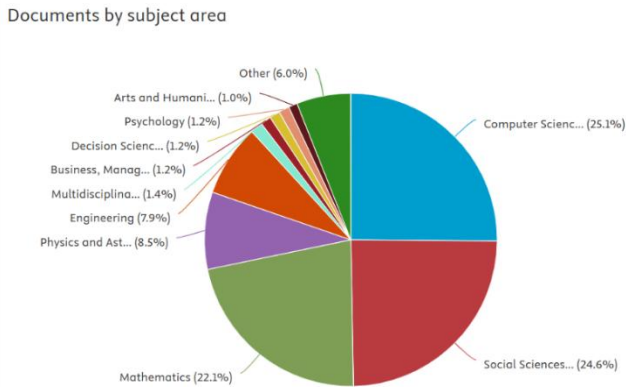


Nota. Tomado de Scopus (2025)

La Figura 4 muestra que las investigaciones de las temáticas relacionadas con GeoGebra y la enseñanza de la geometría tienen una marcada concentración en tres campos disciplinares: ciencias sociales (24.6%), ciencias de la computación (25.1%) y matemáticas (22.1%). Estos tres campos suman más del 70% de la producción científica total y dan cuenta del carácter interdisciplinario del estudio del GeoGebra como recurso educativo. El patrón de carácter interdisciplinar denota que el uso de GeoGebra se encuentra más allá del aula de matemáticas y se convierte en un medio de integración entre ciencia, tecnología y educación. También, su alto impacto en ciencias sociales indica una madurez teórico-práctica en el sentido de que ya no se evalúa la simple eficacia, sino que ya se explora el uso del GeoGebra y su papel en la necesaria transformación pedagógica en los aprendizajes.

Al ser una tendencia global que, en consecuencia, se puede llevar a cabo en el contexto colombiano y rural, los resultados abren la puerta para: desarrollar el pensamiento espacial y geométrico desde el enfoque interdisciplinario, fomentar la inclusión digital a través del uso de las herramientas gratuitas como lo es GeoGebra y articular las enseñanzas STEM con problemáticas de la propia realidad del territorio, como puede ser la cartografía en la metodología participativa o el modelado ambiental o la representación de un humedal como el de la Ciénaga Grande.

Figura 4. Distribución Porcentual de la Producción Científica sobre GeoGebra en Geometría por Áreas de Conocimiento (Scopus, 2020-2025)

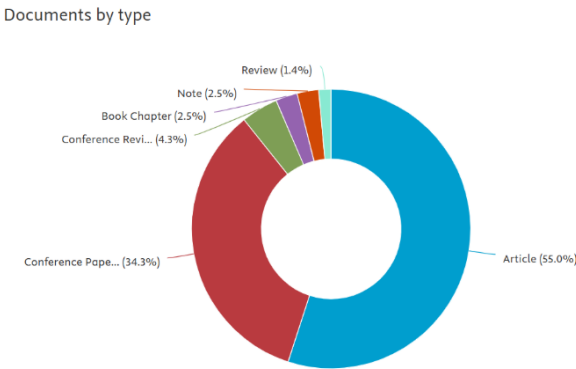


Nota. Tomado de Scopus (2025)

La Figura 5 muestra la clasificación efectuada de los documentos indexados en la base de datos Scopus (2025) sobre el recurso GeoGebra aplicado a la enseñanza de la geometría, en función del tipo de publicación académica observada. El desglose de los resultados muestra que el mayor porcentaje de documentos clasificados corresponde a artículos de revistas científicas (55.0%), seguidos de las actas de congreso (34.3%) y que, por tanto, resulta ser un indicador evidente del sostenido interés de una parte de la comunidad académica por divulgar los avances que se producen sobre los avances de tipo metodológico y tecnológico de esta herramienta, tanto en revistas arbitradas como en la concurrencia destacada mediante los eventos internacionales sobre innovación educativa.

En un porcentaje menor estarían los artículos de revisión (1.4%), los capítulos de libros (2.5%), las reseñas de conferencia (4.3%) y las notas técnicas (2.5%), constituyendo una tendencia muy notable hacia la divulgación empírica y experimental más que hacia la teórica, concordando con el uso aplicado que tiene el software GeoGebra, orientado a la resolución de problemas, la visualización y el aprendizaje activo. La superioridad de los artículos indexados da cuenta de un nivel de maduración académica en la producción científica referente a GeoGebra que permite la elaboración de investigaciones consolidadas y fructíferas en revistas con un alto índice de impacto.

Figura 5. Distribución Porcentual de la Producción Científica sobre GeoGebra en Geometría por tipo de documento (Scopus, 2020-2025)



Nota. Tomado de Scopus (2025)

DESARROLLO Y DISCUSIÓN

A raíz del seguimiento bibliométrico y de la búsqueda bibliográfica llevada a cabo en las bases de datos especializadas más relevantes Scopus, ERIC, Redalyc y SciELO, siguiendo el procedimiento sistemático de depuración estipulado por el esquema PRISMA, se elaboró un corpus final de 38 documentos científicos centrados en el uso de GeoGebra en la enseñanza-aprendizaje de la geometría. Los estudios seleccionados se organizaron atendiendo a su pertinencia temática, a su grado de rigurosidad metodológica y a su aporte en el desarrollo del pensamiento geométrico mediante tecnologías digitales. La Tabla 1 fija de manera cronológica los textos más significativos; se adjuntan cuatro categorías de referencia: año de publicación, autores del estudio, título y diseño y método, lo que permite apreciar la evolución temporal de la producción académica. Este procedimiento garantiza el rigor a la hora de seleccionarla como una evidencia científica y permite construir un mapa analítico fiable sobre las tendencias y enfoques pedagógicos y líneas de investigación vinculadas a GeoGebra en el campo de la didáctica de la geometría, de este modo el análisis bibliométrico evidencia el fortalecimiento de un cuerpo de conocimiento consolidado en torno al uso de herramientas digitales interactivas que tiene como principales sinergias la innovación educativa en contextos rurales.

Tabla 1.
Rastreo bibliométrico y bibliográfico.

N°	Año de publicación	Autores	Título del estudio	Diseño /método
1	2020	Ramírez Santamaría Bolívar Alonso	GeoGebra en 2D y 3D como recurso didáctico en un curso de integración múltiple	Estudio de caso / experiencia didáctica
2	2020	Kusumah & Kustiawati	The effect of GeoGebra in three-dimensional geometry learning on students' mathematical communication ability	Cuasiexperimental
3	2021	Gómez Gómez Marta	La formación del profesorado ante las nuevas oportunidades de enseñanza y aprendizaje virtual desde una dimensión tecnológica, pedagógica y humana.	Diseño Preexperimental /metodología mixta
4	2021	Liburd & Jen	Investigating the effectiveness of using a technological approach on students' achievement in mathematics—case study of a high school in a Caribbean country	Cuasiexperimental / Cuantitativo comparativo
5	2021	Morales-Ramírez Guadalupe al.	Esquemas de argumentación de estudiantes de bachillerato al usar GeoGebra en el contexto de teselados.	Estudio de casos /descriptivo
6	2021	Pumacallahui et al.	Influencia del software GeoGebra en el aprendizaje de la geometría en estudiantes de cuarto grado de secundaria en el distrito de Tambopata de la región de Madre de Dios	Cuasiexperimental / grupo experimental y grupo de control
7	2022	Sudirman et al.	Investigating the Potential of Integrating Augmented Reality into the 6E Instructional 3D Geometry Model in Fostering Students' 3D Geometric Thinking Processes.	Diseñado como un estudio exploratorio de caso/ modelo instruccional 6E
8	2022	Salas Pilco Sdenka Zobeida Yuqin Yang	Artificial intelligence applications in Latin American higher education: a systematic review	Análisis documental sistemático: siguiendo criterios PRISMA.
9	2022	Chivai et al.	Application of GeoGebra in the Teaching of Descriptive Geometry: Sections of Solids	Estudio de caso cuasiexperimental con enfoque mixto
10	2022	Alves et al.	Three-Dimensional Geometric Perceptions in Enem: A Contribution from GeoGebra for Mathematics Teachers in Brazil	Investigación cualitativa, con enfoque descriptivo-interpretativo.

11	2023	Romero Albaladejo & García López	Transformación de actitudes matemáticas al introducir GeoGebra en el aula de secundaria	La investigación es de enfoque mixto, con predominio cualitativo.
12	2023	Hosam A. Althibyani	An Enrichment Program Based on Using of Augmented Reality Technology for Developing 3D Geometric Shapes Skills for Second Grade Intermediate Students.	Este estudio utiliza un diseño longitudinal experimental cuantitativo
13	2023	Huei-Tse Hou et al.	Designing an alternate reality board game with augmented reality and multi-dimensional scaffolding for promoting spatial and logical ability.	Cuasiexperimental / grupo experimental y grupo de control. Pretest y posttest
14	2023	Hidayat; Kamarazan; Nasir; Ayub	The Effect of GeoGebra Software on Achievement and Engagement Among Secondary School Students	Cuasiexperimental con grupos no equivalentes Diseño pretest–posttest Análisis estadístico: ANCOVA y correlación de Pearson
15	2023	García Lázaro Desiré; Martín Nieto Rebeca	Competencia matemática y digital del futuro docente mediante el uso de GeoGebra	Metodología: Mixta (cuantitativa y cualitativa) Diseño: Preexperimental
16	2023	Zhu et al.	Fostering the development of spatial ability in and for authentic STEM learning	Revisión sistemática de investigaciones empíricas
17	2024	Ardina G. Boholano H	Los efectos cognitivos y no cognitivos de la integración de GeoGebra	Investigación de método mixto
18	2025	Morales Méndez Ginés Lozano Avilés Ana Belén	Augmented reality and GeoGebra 3D for improving spatial intelligence in teaching volumetric geometry	Diseño cuasiexperimental / grupo experimental grupo control (pretest–posttest)
19	2023	Muslim, Nur Elisa Iwani. Zakaria, Mohamad Ikram. Fang, Chong Yin.	A systematic review of GeoGebra in mathematics education	Revisión sistemática de literatura sobre GeoGebra (2018-2023)
20	2024	Ochoa Jaramillo et al.	Exploración de geometría y álgebra con GeoGebra y modelado 3D en Tinkercad para prácticas interactivas.	Estudio bibliográfico de estudios publicados entre 2020 y 2023
21	2024	Martínez Zapata et al.	Explorando la geometría con GeoGebra: Estrategias para reforzar el aprendizaje en estudiantes de niveles intermedios	Investigación aplicada, con enfoque cuantitativo de tipo explicativo. El diseño es de tipo preexperimental, con un pretest un post test
22	2024	Nadzeri et al.	The Effects of Augmented Reality Geometry Learning Applications on Spatial Visualization Ability for Lower Primary School Pupils.	Cuasiexperimental/ grupo experimental y grupo de control
23	2024	Suparman et al.	Fostering spatial visualization in GeoGebra-assisted geometry lesson: A systematic review and meta-analysis	Revisión sistemática y metaanálisis

24	2024	Moreno Moyano Ronald Alexander	Estrategia Pedagógica Apoyada en GeoGebra para el Aprendizaje de Geometría en Estudiantes de Noveno Grado de la Zona Rural del Catatumbo.	Cuantitativa, de tipo cuasiexperimental. Diseño: Pretest–posttest con un solo grupo experimental.
25	2024	Iparraguirre-Villanueva et al.	Integration of GeoGebra Calculator 3D with Augmented Reality in Mathematics Education for an Immersive Learning Experience	Cuasiexperimental/ grupo experimental y grupo de control Comparación mediante pretest-posttest entre los dos grupos.
26	2024	Ndagijimana et al.	Contributions of GeoGebra software within the socio-cultural proximity on enhancing students' conceptual understanding of mathematics	Diseño cuasiexperimental.
27	2024	Zakaria et al.	Integrating Geometrical Design with GeoGebra: Effects on Motivation and Academic Performance among Secondary Students	Cuasiexperimental con diseño pretest–posttest y grupo control.
28	2024	Uwurukundo et al.	GeoGebra Software in Teaching and Learning Geometry of 3-Dimension to Improve Students' Performance and Attitude of Secondary School Teachers and Students	Cuasiexperimental con grupos no equivalentes Pretest y posttest
29	2024	Fikru Gurmu, Chernet Tuge & Adula Bekele Hunde	Effects of GeoGebra-assisted instructional methods on students' conceptual understanding of geometry	Cuasiexperimental, diseño pretest–posttest con tres grupos (GeoGebra + aprendizaje colaborativo, GeoGebra + método tradicional, enseñanza convencional sin tecnología).
30	2025	Azmi et al.	Bridging geometry and cultures for junior high school level: Rumoh Aceh design from a computational thinking perspective.	Enfoque cualitativo que combina un análisis etnográfico con un análisis basado en el pensamiento computacional.
31	2025	Kawthar M. Habeeb	Integrating Digital Tools with Origami Activities to Enhance Geometric Concepts and Creative Thinking in Kindergarten Education.	Cuasiexperimental/ grupo experimental y grupo de control (pretest-posttest)
32	2025	Awaji et al.	A Bibliometrics Study of Two Decades of Geogebra Research in Mathematics Education.	Estudio bibliométrico
33	2025	Yunia Mulyani Azis; Euis Eti Rohaeti	A systematic literature review on implementation of GeoGebra: Benefits and challenges in mathematics education	Revisión sistemática
34	2025	Istikomah et al.	Geogebra in Real-Life: Important Tips to Support Student Creative Thinking in Mathematics	Diseño mixto (cualitativo-cuantitativo)

35	2025	Menouer et al.	Exploring the Challenges of Geometric Reasoning in Middle School: An Analysis of Teachers' Perceptions and Pedagogical Perspectives.	Cuantitativo descriptivo, basado en encuesta estructurada administrada a profesores.
36	2025	Mollakuqe, Vesa; Mollakuqe, Elissa	A matrix-based analysis of pedagogical efficacy compared to traditional instructional approaches integrating GeoGebra in mathematics education	Cuasiexperimental con grupo control
37	2025	Wahyuni et al.	Enhancing Creative Mathematical Thinking with GeoGebra: A Comparative Study of Secondary School Students	Cuasiexperimental con diseño pre-test / post-test sin grupo de control.
38	2025	Marange, Israel Yeukai; Tatira, Benjamin	In-service mathematics teachers' perceptions of GeoGebra integrative training materials: The case of geometry teaching	Enfoque mixto (método cuantitativo + cualitativo)

Fuente: elaboración propia a partir de los registros obtenidos en Scopus, ERIC, Redalyc y SciELO

Análisis de Impacto y Relevancia de la Evidencia Seleccionada

Para complementar la caracterización bibliométrica, se analizó el impacto y la relevancia de los 38 estudios que conformaron la revisión. Para ello, se elaboró una matriz de codificación donde a cada documento se le asignaron dos puntuaciones independientes en una escala ordinal de 0 a 5 (0 = ningún impacto/relevancia; 5 = máximo impacto/relevancia). En la variable impacto se valoró el rigor del diseño (cuasiexperimental, longitudinal, meta-analítico, estudio de caso con triangulación de métodos), la solidez de las evidencias informadas sobre pensamiento espacial y geométrico y la potencial transferibilidad de la evidencia a contextos escolares. La categoría relevancia valoró la correspondencia del estudio con el objetivo de esta revisión uso de GeoGebra y tecnologías digitales similares para desarrollar el pensamiento espacial y geométrico en educación básica secundaria y la similitud del contexto estudiado con la realidad rural colombiana.

En esta escala de 0 a 5, el impacto medio de los estudios fue de 3,16 (mediana = 3,0), con un rango observado entre 3 y 5; la relevancia media se situó en 2,87 (mediana = 3,0), con valores entre 1 y 5.

Estos resultados indican que, en la dimensión de impacto, no se identifican estudios con puntuaciones bajas (0–2): la mayor parte del corpus se ubica en niveles moderados y altos (3–4 puntos), con un conjunto de investigaciones que alcanza el máximo nivel (5 puntos). En la dimensión de relevancia también se observa una concentración en valores intermedios y altos (3–4), aunque aparecen algunos estudios con puntuaciones de 1–2 que, si bien aportan evidencia metodológicamente consistente, se alejan del foco específico de esta revisión por su nivel educativo, su contexto geográfico o su énfasis disciplinar. Por lo general, los trabajos que emplean GeoGebra 3D, realidad aumentada, modelado 3D o analíticas de aprendizaje y que se apoyan en diseños cuasiexperimentales o en revisiones amplias tienden a presentar las puntuaciones más altas, mientras que las experiencias breves o con escasa explicitación del constructo de pensamiento espacial se asocian a puntajes más bajos.

Los diagramas tipo forest Plot para ambas dimensiones (Figuras 6 y 7) ilustran esta dispersión: en la dimensión de impacto, los estudios se agrupan en torno al valor 3, con varios trabajos en 4 y 5; en la dimensión de relevancia se observa un patrón similar, aunque con algunos valores en los niveles inferiores. En conjunto, estos hallazgos sugieren que la evidencia empírica seleccionada es, en su mayoría, metodológicamente sólida y suficientemente pertinente para orientar el diseño de una intervención educativa dirigida a fortalecer el pensamiento espacial y los sistemas geométricos en contextos rurales, si bien persiste la necesidad de ampliar el número de

investigaciones localizadas específicamente en escuelas rurales latinoamericanas.

Figura 6. Forest Plot del impacto de los estudios incluidos en la revisión sistemática.



Figura 7. Forest Plot de la relevancia de los estudios incluidos en la revisión sistemática.



Los estudios que están en los niveles más altos de la escala (en particular el nivel 5 de impacto y las calificaciones más elevadas de relevancia) son

aquellos que, además de presentar resultados estadísticamente significativos, se basan en diseños rigurosos cuasiexperimentales o mixtos y en marcos didácticos claros, es el caso del el estudio de Morales-Méndez y Lozano-Avilés (2025) que conjuga realidad aumentada y GeoGebra 3D para la enseñanza de la geometría volumétrica en secundaria y que demuestra que hay mejorías significativas en la inteligencia espacial y en la motivación del alumnado, reafirmando el potencial de las tecnologías inmersivas como mediadores didácticos. En ese sentido, intervenciones como las de Romero-Albaladejo y García-López (2023) que llevan GeoGebra al aula de educación secundaria para cambiar las actitudes hacia las matemáticas muestran un impacto positivo que perdura con el tiempo en la predisposición del alumnado los cuales son un respaldo al uso de GeoGebra como la herramienta para construir experiencias de aprendizaje significativas.

Desde un punto de vista científico, el tener artículos publicados en revistas indexadas en bases de datos de alto impacto como Education and Information Technologies, Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education o Frontiers in Education es un indicador de la consolidación del campo. Awaji et al. (2025) en su artículo analiza dos décadas de producción científica de GeoGebra y pone de manifiesto la manera en la que ha ido creciendo y consolidándose en líneas de investigación asociadas a la visualización, a la formación del profesorado o a la integración curricular, demostrando ser un ecosistema de investigación fuerte y de ámbito mundial.

El corpus reconocido consta de diseños cuasiexperimentales, estudios de caso de métodos mixtos, revisiones sistemáticas y metaanálisis, fortaleciendo metodológicamente todos los hallazgos. Así es como Suparman et al. (2024) evidencia que las intervenciones de geometría apoyadas en GeoGebra mejoran la visualización espacial, la comprensión de conceptos geométricos y proporciona una visión cuantitativa de su efecto en diferentes niveles educativos y culturales. Mientras que Zhu et al. (2023), al estudiar el pensamiento espacial en contextos STEM, encuentra que las intervenciones con tareas específicas y visualización dinámica mejoran el rendimiento y la elección de trayectorias STEM, reforzando la noción de conectar GeoGebra con prácticas auténticas y contextualizadas y contextualizadas del aprendizaje matemático.

Igualmente, el corpus contiene artículos transversales en relación con las tecnologías emergentes que contactan con el foco de esta revisión. Por ejemplo, la revisión sistemática de Salas-Pilco y Yang (2022) sobre el uso de la inteligencia artificial en las instituciones de educación superior en América Latina, cita aplicaciones de esta disciplina para el modelado predictivo del rendimiento, la analítica del aprendizaje, las tecnologías asistidas y la automatización de los

procesos evaluativos; lo que permite que el aprendizaje sea personalizado y que la toma de decisiones pedagógicas se realice a partir de datos. Estos hallazgos son significativos para el desarrollo de la tesis doctoral, pues posibilitan la constitución de sistemas de tutoría inteligente como Khanmigo, potenciados con GeoGebra y con otras herramientas digitales con el fin de ampliar la evidencia existente a las escuelas rurales de educación básica secundaria.

Respecto a la importancia contextual, pese a que Europa y Asia son los principales productores, empiezan a aparecer pruebas en América Latina que demuestran lo que GeoGebra es capaz de hacer en situaciones de ruralidad y vulnerabilidad. La investigación de Martínez-Zapata et al. (2024) en Perú demuestra que, cuando se emplea GeoGebra junto con el modelo de Van Hiele, la motivación y el aprendizaje geométrico se ven mejorados en alumnos de niveles intermedios. Por otro lado, el estudio realizado por Moreno-Moyano (2024) en la región rural del Catatumbo muestra que, cuando se utilizan métodos didácticos sistemáticos basados en GeoGebra en áreas rurales con infraestructura deficiente, los estudiantes de noveno grado presentan un rendimiento notablemente superior. A pesar de que estos trabajos son todavía aislados en términos de volumen, evidencian que el software tiene la capacidad de adecuarse a situaciones periféricas y desatendidas, y que su efecto no se restringe a escenarios urbanos o con una alta dotación tecnológica.

La matriz de análisis que se creó con base en los 38 documentos escogidos también revela que, en su mayoría, las investigaciones reportan impactos positivos de GeoGebra sobre variables cognitivas como el rendimiento académico, la visualización espacial y el razonamiento geométrico) y no cognitivas (como la actitud hacia las matemáticas, la motivación y la autoeficacia, lo cual se sostiene tanto en diseños pre/post como en comparaciones entre grupos experimentales y de control. Sin embargo, también se reconocen algunas limitaciones habituales: muestras pequeñas o no probabilísticas, falta de estudios de seguimiento longitudinales, poca conexión con políticas de inclusión digital, poca presencia de problemáticas territoriales específicas (ambientales, productivas, culturales). Esta mezcla de fortalezas y debilidades indica que, aunque hay evidencia suficiente para decir que GeoGebra tiene impacto en la educación, aún hay lagunas sobre cómo implementarlo de manera sostenible en escuelas rurales, cómo vincularlo con el currículo y los estándares nacionales, y cómo integrarlo con otras tecnologías emergentes como la realidad

aumentada y la inteligencia artificial.

De tal manera que el impacto y la relevancia de la evidencia analizada respaldan la propuesta doctoral, que está dirigida a fortalecer los sistemas geométricos y el pensamiento espacial de los estudiantes de educación básica y media de las zonas rurales colombianas. La revisión revela, por una parte, un ámbito internacional consolidado con investigaciones de elevada calidad metodológica; y, por otra parte, una evidente falta de trabajos que incorporen GeoGebra, tecnologías emergentes y problemas territoriales específicos como la gestión ecosistémica del humedal y la economía local de la Ciénaga Grande de Loricá en términos de equidad y justicia educativa. El aporte original del proyecto se basa en esta ausencia, al proponer una intervención didáctica que tiene lugar en el contexto y que se comunica con las mejores evidencias internacionales, pero que se arraiga en las condiciones culturales, materiales y ambientales de la escuela rural colombiana.

Para comprender las tendencias, los vacíos de conocimiento y las consecuencias prácticas de emplear GeoGebra en la enseñanza de la geometría, se cuenta con un sólido marco empírico gracias a la tabla de síntesis documental (Tabla 1) y al análisis bibliométrico. La discusión se estructura, a partir de esta base, en tres ejes: el fortalecimiento de la eficacia tecnológica y las tendencias pedagógicas a nivel mundial; las limitaciones geográficas y metodológicas del corpus; y la conexión de los descubrimientos con los rasgos específicos del medio rural colombiano.

Consolidación de la efectividad tecnológica y las tendencias pedagógicas globales.

La información recopilada muestra que GeoGebra en especial su entorno 3D es uno de los recursos didácticos fundamentales para la enseñanza de la geometría. La posibilidad de convertir figuras estáticas en figuras dinámicas manipulables es esencial para alimentar la visualización espacial, que se considera el fundamento del pensamiento geométrico en (Pumacallahui-Salcedo et al., 2021). El camino hacia la inclusión de la modelación tridimensional (Tinkercad) y la realidad aumentada sitúa un campo que va encauzándose hacia el "andamiaje multidimensional" (Hou et al., 2023). Ahora hay conexiones entre la geometría, las habilidades digitales y las habilidades para el pensamiento computacional (Azmi et al., 2025).

Esta convergencia tecnológica no solo afecta la dimensión del rendimiento académico, sino que también afecta la dimensión actitudinal y afectiva. Según varios estudios, las secuencias didácticas que emplean a GeoGebra favorecen la motivación, la autonomía y la perseverancia del alumnado (Martínez-Zapata et al., 2024; Romero-Albaladejo & García-López, 2023), al pasar de un aprendizaje mecánico y repetitivo hacia un aprendizaje dinámico y pertinente. De esta forma GeoGebra queda como mediador pedagógico

para conectar la innovación metodológica, las habilidades digitales y el pensamiento geométrico.

Vacíos metodológicos y limitaciones geográficas del corpus

La revisión sistemática destaca diversas debilidades metodológicas en los estudios recientes, aunque los resultados sobre la efectividad de la tecnología sean consistentes. Para empezar, la mayor parte de los estudios se fundamentan en diseños cuasiexperimentales breves (un semestre o menos), lo que no permite evaluar la estabilidad del efecto de GeoGebra sobre el pensamiento espacial a mediano y largo plazo (Moreno-Moyano, 2024). Esta restricción temporal causa incertidumbre acerca de la consolidación a largo plazo de los progresos cognitivos que se han notado.

En segundo lugar, en términos generales, los trabajos documentales y empíricos muestran que la medición cualitativa del constructo de pensamiento espacial es poco profunda. Esto restringe la comprensión de los procesos cognitivos que se involucran en acciones como la rotación mental, la visualización o el razonamiento tridimensional. El uso frecuente de herramientas cuantitativas tradicionales hace que las descripciones se centren más en los resultados que en los procedimientos.

En tercer lugar, se reconoce que no se ha integrado adecuadamente el TPACK y otros marcos integradores en la capacitación y el apoyo a los docentes. La falta de investigaciones que examinen de forma sistemática la evolución del saber pedagógico-tecnológico del contenido restringe la oportunidad de entender cómo los profesores cambian sus prácticas al incorporar GeoGebra en situaciones reales dentro del aula (García-Lázaro & Martín-Nieto, 2023). Todo esto demuestra que es necesario realizar estudios con enfoques mixtos, diseños longitudinales y estrategias de análisis más detalladas acerca de los procesos de enseñanza y aprendizaje mediados por estas tecnologías.

Articulación de Hallazgos y Relevancia para el Contexto Rural Colombiano

La contribución minoritaria de Colombia y Suramérica al corpus indexado (inferior al 10% del total de publicaciones) subraya de manera taxativa la originalidad y la urgencia investigativa de esta propuesta. Los resultados de la investigación muestran que el mandato investigativo es la polarización geográfica y la falta de evidencia en contextos de Suramérica, debido a que los modelos de implementación en escenarios con las restricciones infraestructurales y las dinámicas socioeconómicas propias del entorno rural

colombiano son escasos (Moreno-Moyano, 2024; Menouer et al., 2025).

Esta necesidad está vinculada directamente con la intervención en la Institución Educativa Jesús de Nazareth, donde se intenta disminuir los niveles bajos de rendimiento en el pensamiento geométrico y espacial. Como respuesta, la propuesta doctoral justifica el uso de herramientas de acceso libre y gratuito como GeoGebra 3D, Khanmigo y Tinkercad, basándose en su capacidad para proporcionar un andamiaje multidimensional (Hou et al., 2023) y una visualización dinámica que aborde el problema de manipular mentalmente objetos espaciales. El diseño tiene que ser sólido e incorporar la perspectiva STEM para garantizar la relevancia contextual, conectando la geometría con la realidad productiva del entorno, como el modelado de Ciénaga Grande de Lorica (Sudirman et al., 2022). Así, el proyecto no solo busca mejorar el rendimiento académico, sino también fomentar la equidad digital y el desarrollo sostenible en la comunidad rural (Salas-Pilco & Yang, 2022).

CONCLUSIONES

En línea con el propósito de caracterizar la evidencia más reciente sobre el uso de GeoGebra y otras tecnologías digitales para mejorar el pensamiento espacial y geométrico en educación básica secundaria y así diseñar una intervención en un contexto rural colombiano, los resultados permiten concluir en términos de tres ejes: eficacia tecnológica, restricciones metodológicas del corpus y relevancia del contexto rural. El área se está desarrollando y es cada vez más madura teórico-empíricamente en el uso de GeoGebra, realidad aumentada, modelado 3D y sistemas tutores inteligentes para enseñar geometría, de acuerdo con la revisión sistemática 2020-2025.

En relación con el primer eje, la efectividad tecnológica y pedagógica, el corpus coincide en que GeoGebra en particular sus entornos 3D y su potenciación con recursos como la realidad aumentada y el modelado 3D son mediadores potentes para cultivar la visualización, manipulación espacial y el razonamiento geométrico. Cuando el software se integra en actividades pedagógicas bien diseñadas, fundamentadas en metodologías activas, lúdicas o de proyectos, los estudios reiteran que la motivación, la participación, las actitudes hacia las matemáticas y el aprendizaje mejoran. La literatura, más allá de mostrar la eficacia tecnológica, ahora se preocupa por cómo GeoGebra apoya la transformación de prácticas pedagógicas, la autonomía del estudiante y la conexión entre habilidades digitales, matemáticas y de pensamiento computacional.

En cuanto al segundo eje, referido a las limitaciones metodológicas del corpus, el análisis pone de manifiesto la necesidad de fortalecer los diseños de investigación. Los estudios cuasiexperimentales de corta duración

(menos de un semestre) son los más frecuentes, lo que impide valorar el efecto a largo plazo de GeoGebra en el pensamiento espacial. Además, la forma de medir el constructo de pensamiento espacial se apoya mayormente en instrumentos cuantitativos tradicionales, triangulando escasamente con evidencias cualitativas sobre procesos cognitivos como rotación mental, razonamiento tridimensional o visualización. Además, muchas intervenciones no explicitan suficientemente el marco TPACK que las sustenta, dificultando conocer en qué medida los aprendizajes encontrados son fruto de una buena articulación entre pedagogía, contenido y tecnología. Por lo cual es necesario que se camine hacia diseños longitudinales, estudios de métodos mixtos y análisis de procesos que permitan valorar con mayor rigor la sostenibilidad del impacto de GeoGebra y los sistemas tutores inteligentes en el desarrollo del pensamiento geométrico-espacial.

Respecto al tercer eje, la contextualización de los hallazgos en el contexto rural colombiano; la baja representación de Colombia y de otros países suramericanos en el corpus indexado (menos del 10 % de las publicaciones analizadas) evidencia una estructura de brecha de descubrimiento situado, más aún en contextos rurales que presentan limitaciones infraestructurales y desigualdades digitales. Esta ausencia de estudios localizados justifica el diseño de propuestas soportadas en recursos abiertos y gratuitos como GeoGebra 3D, Khanmigo y Tinkercad, capaces de brindar andamiajes multidimensionales y experiencias de visualización dinámica situada en el territorio (por ejemplo, modelado de la Ciénaga Grande de Lorica). Integrarlos en un enfoque STEM y de proyectos ambientales escolares puede conectar la geometría con la realidad productiva y ecosistémica local, mejorando el rendimiento geométrico, reduciendo brechas digitales y fortaleciendo la ciudadanía ambiental.

Finalmente, los resultados de la revisión abren líneas de actuación para la práctica educativa y la investigación. Primero, es necesario avanzar hacia diseños de intervención a largo plazo que acompañen el desarrollo lento pero continuo del pensamiento geométrico-espacial a través de los años, específicamente en estudiantes de educación básica y media que residen en zonas rurales. En segundo lugar, se debe fortalecer la formación continua de los docentes del marco TPACK, con las metodologías de seguimiento pedagógico implementadas en la clase, incluyendo GeoGebra, realidad aumentada, modelado 3D e IA desde una mirada crítica, justa y situada. En tercer lugar, es necesario enmarcar estas innovaciones a partir de las políticas de inclusión digital o los

diseños curriculares que vinculen con la didáctica de la matemática las problemáticas socioambientales del territorio. Eso permitiría que el uso de herramientas digitales abiertas mejorase el rendimiento educativo y aumentara las oportunidades de participación, equidad y sostenibilidad de las comunidades rurales.

Referencias Bibliográficas

- Althibyani, H. A. (2023). An enrichment program based on using of augmented reality technology for developing 3D geometric shapes skills for second grade intermediate students. *Information Sciences Letters*, 12(5), 1743-1752. <https://doi.org/10.18576/isl/120520>
- Ardina, G., & Boholano, H. (2024). The cognitive and non-cognitive effects of geogebra integration. *Malaysian Journal of Mathematical Sciences*, 18(2), 423–443. <https://doi.org/10.47836/mjms.18.2.12>
- Awaji, B. M., Khalil, I., & AL-Zahrani, A. (2025). A bibliometrics study of two decades of geogebra research in mathematics education. *Journal of Educational and Social Research*, 15(1), 30–150. <https://doi.org/10.36941/jesr-2025-0011>
- Azis, Y. M. (2025). A systematic literature review on implementation of GeoGebra: Benefits and challenges in mathematics education. *Infinity Journal*, 14(3), 655–672. <https://doi.org/10.22460/infinity.v14i3.p655-672>
- Azmi, N., Salmawaty, A., Hizir, S., & Rini, O. (2025). Integrating digital tools with origami activities to enhance geometric concepts and creative thinking in kindergarten education. *Journal on Mathematics Education*, 16(2), 383–406. <https://doi.org/10.22342/jme.v16i2.pp383-406>
- Chivai, C. H., Soares, A. A., & Catarino, P. (2022). Application of GeoGebra in the teaching of descriptive geometry: Sections of solids. *Mathematics*, 10(17), 3034. <https://doi.org/10.3390/math10173034>
- García Lázaro, D., & Martín Nieto, R. (2023). Competencia matemática y digital del futuro docente mediante el uso de GeoGebra. *Alteridad Revista de Educación*, 18, 85-98. <https://doi.org/10.17163/alt.v18n1.2023.07>
- Gómez-Gómez, M. (2021). La formación del profesorado ante las nuevas oportunidades de enseñanza y aprendizaje virtual desde una dimensión tecnológica, pedagógica y humana. *Publicaciones*, 51, 565–603. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v51i3.18123>
- Gurmu, F. T. (2024). Effects of GeoGebra-assisted instructional methods on students' conceptual understanding of geometry. *Cogent Education*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2379745>
- Habeeb, K. M. (2025). Integrating digital tools with origami activities to enhance geometric concepts and creative thinking in kindergarten education. *Education Sciences*, 15(7), 924. <https://doi.org/10.3390/educsci15070924>
- Hidayat, R., Kamarazan, N. A., Nasir, N., & Ayub, A. F. (2023). The effect of GeoGebra software on achievement and engagement among secondary school students. *Malaysian Journal of Mathematical Sciences (MJMS)*, 17(4), 611–627. <https://doi.org/10.47836/MJMS.17.4.06>
- Higgins, J. P., Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M. J., & Welch, V. A. (2019). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions* (Vol. 2.^a edición). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119536604>
- Hou, H.-T., Fang, Y.-S., & Tang, J. T. (2023). Designing an alternate reality board game with augmented reality and multi-dimensional scaffolding for promoting spatial and logical ability. *Interactive Learning Environments*, 31(7), 4346-4366. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1961810>
- Intriago Cedeño, A. R. (2025). Innovación en la gestión educativa: Revisión sistemática. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 6(1), 561–575. <https://doi.org/10.56712/latam.v6i1.3360>
- Iparraguirre-Villanueva, O., Paulino-Moreno, C., Chero-Valdivieso, H., Espinola-Linares, K., & Cabanillas-Carbonell, M. (2024). Integration of geoGebra calculator 3D with augmented reality in mathematics education for an immersive learning experience. *International Journal of Engineering Pedagogy (ijEP)*, 14(3), 92–107. <https://doi.org/10.3991/ijep.v14i3.47323>
- Istikomah, E. S. (2025). Geogebra in real-life: Important tips to support student creative thinking in mathematics. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, 49(2), 248–263.

<https://doi.org/10.37934/araset.49.2.248263>

Jaramillo Neira, D. A. (2024). Influencia de las políticas educativas en la ruralidad colombiana: Una revisión sistemática. *Revista De Ciencias Sociales*, 30(Número especial 9), 137–152. <https://doi.org/10.31876/rcs.v30i.42253>

Kusumah, Y. S., Kustiawati, D., & Herman, T. (2020). The effect of geoGebra in three-dimensional geometry learning on students' mathematical communication ability. *International Journal of Instruction*, 13(2), 895-908. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13260a>

Liburd, K. K., & Jen, H.-Y. (2021). Investigating the effectiveness of using a technological approach on students' achievement in mathematics—case study of a high school in a Caribbean country. *Sustainability*, 13(10), 5586. <https://doi.org/10.3390/su13105586>

Marange, I. Y., & Tatira, B. (2025). In-service mathematics teachers' perceptions of GeoGebra integrative training materials: The case of geometry teaching. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(2), em2588. <https://doi.org/10.29333/ejmste/15958>

Martínez Zapata, M. E., Pérez Urruchi, A. E., & Apolinario Arzube, O. O. (2024). Explorando la geometría con GeoGebra: Estrategias para reforzar el aprendizaje en estudiantes de niveles intermedios. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 28(122), 62-72. <https://doi.org/10.47460/uct.v28i122.766>

Menouer, B., Faouzi, L., Rachid, A., Benslimane, Y., & Nachit, B. (2025). Exploring the challenges of geometric reasoning in middle school: An analysis of teachers' perceptions and pedagogical perspectives. *Educational Process: International Journal*, 17(e2025387). <https://doi.org/10.22521/edupij.2025.17.387>

Mollakuqe, V. &. (2025). A matrix-based analysis of pedagogical efficacy compared to traditional instructional approaches integrating GeoGebra in mathematics education. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 20(2), em0821. <https://doi.org/10.29333/iejme/15936>

Morales Méndez, G., & Lozano Avilés, A. B. (2025). Augmented reality and GeoGebra 3D for improving spatial intelligence in teaching volumetric geometry. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 25(82). <https://doi.org/10.6018/red.644051>

Morales Ramírez, G., Larios Osorio, V., & Rubio Goycochea, N. (2021). Esquemas de argumentación de estudiantes de bachillerato al usar GeoGebra en el contexto de teselados. *Uniciencia*, 35(2). <https://doi.org/10.15359/ru.35-2.17>

Moreno-Moyano, R. A. (2024). Pedagogical strategy supported by geoGebra for geometry learning in ninth-grade students in the rural area of Catatumbo. *Aibi Revista de Investigación, Administración e Ingenierías*, 12(1), 29–40. <https://doi.org/10.15649/2346030X.3671>

Muslim, N. E., Zakaria, M. I., & Fang, C. (2023). A systematic review of GeoGebra in mathematics education. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, 12(3), 1192–1203. <https://doi.org/10.6007/IJARPED/v12-i3/19133>

Nadzeri, M. B., Musa, M., Meng, C. C., & Ismail, I. M. (2024). The effects of augmented reality geometry learning applications on spatial visualization ability for lower primary school pupils. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 18(16), 104–118. <https://doi.org/10.3991/ijim.v18i16.47079>

Ndagijimana, J.-B., Mukama, E., Lakin, L., & Khan, S. (2024). Contributions of GeoGebra software within the socio-cultural proximity on enhancing students' conceptual understanding of mathematics. *Cogent Education*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2436296>

Ochoa Jaramillo, J. P., Tobar Armache, A. M., Bustamante Aguilera, M., & Martillo Cedeño, M. (2024). Exploración de geometría y álgebra con GeoGebra y modelado 3D en Tinkercad para prácticas interactivas. *Dominio de las Ciencias*, 10(3), 2188-2206. <https://doi.org/10.23857/dc.v10i3.4030>

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., . . . Mayo-Wilso. (2021).

The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Systematic Reviews*, 10(89). <https://doi.org/10.1186/s13643-021-01626-4>

Pumacallahui Salcedo, E., Acuña Quispe, C. I., & Calcina Álvarez, D. A. (2021). Influencia del software GeoGebra en el aprendizaje de la geometría en estudiantes de cuarto grado de secundaria en el distrito de Tambopata de la región de Madre de Dios. *Educación Matemática*, 33(2), 245–273. <https://doi.org/10.24844/EM3302.10>

Ramírez Santamaría, B. A. (2020). GeoGebra en 2D y 3D como recurso didáctico en un curso de integración múltiple: una experiencia de enseñanza-aprendizaje. *Revista Digital: Matemática, Educación e Internet*, 21(1), 1-18. <https://doi.org/10.18845/rdmei.v21i1.5341>

Romero Albaladejo, I., & García López, M. d. (2023). Mathematical attitudes transformation when introducing GeoGebra in the secondary classroom. *Education and Information Technologies*, 29(8), 10277-10302. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-023-12085-w>

Salas Pilco, S. Z., & Yang, Y. (2022). Artificial intelligence applications in Latin American higher education: a systematic review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19(21). <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00326-w>

Sánchez-Meca, J. (2022). Revisiones sistemáticas y meta-análisis en Educación: un tutorial. *RiITE Revista interuniversitaria de investigación en Tecnología Educativa*, 13, 5–40. <https://doi.org/10.6018/riite.545451>

Suárez Caro, L., & Camacho Bonilla, A. (2023). Políticas públicas de educación rural y desarrollo territorial: Una revisión sistemática de la literatura (2012-2023). *Boletín De Antropología*, 38(65), 11–33. <https://doi.org/10.17533/udea.boan.v38n65a2>

Sudirman, K. Y. (2022). Investigating the Potential of Integrating Augmented Reality into the 6E Instructional 3D Geometry Model in Fostering Students' 3D Geometric Thinking Processes. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 16(6), 61–80. <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i06.2781>

Suparman, Marasabessy, R., & Helsa, Y. (2024). Fostering spatial visualization in GeoGebra-assisted geometry lesson: A systematic review and meta-analysis. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(9). <https://doi.org/10.29333/ejmste/15170>

Uwurukundo, M. S., Maniraho, J. F., Tusiime, M., & Khan, S. (2024). GeoGebra software in teaching and learning geometry of 3-dimension to improve students' performance and attitude of secondary school teachers and students. *Education and Information Technologies*, 29(8), 10201–10223. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12200>

Vieira Alves, F. R., Teófilo de Sousa, R., & Fernandes Fontenele, F. C. (2022). Three-dimensional geometric perceptions in enem: A contribution from GeoGebra for mathematics teachers in Brazil. *Acta Didactica Napocensia*, 15(1), 114-123. <https://doi.org/10.24193/adn.15.1.10>

Wahyuni, Y., Fauzan, A., Yerizon, Arnawa, I. M., Irfan, D., & Rasli, A. (2025). Enhancing creative mathematical thinking with GeoGebra: A comparative study of secondary school students. *Salud, Ciencia y Tecnología*, 5, 1435. <https://doi.org/10.56294/saludcyt20251435>

Zakaria, M. I., Wong, W. S., Hanid, M. F., & Khan, S. (2024). Integrating geometrical design with GeoGebra: Effects on motivation and academic performance among secondary students. *Mathematics Teaching Research Journal*, 16(5), 186-217. Obtenido de <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1464715.pdf>

Zhu, C., Leung, C. O., Lagoudaki, E., Velho, M., Segura-Caballero, N., Jolles, D., . . . Klapwijk, R. M. (2023). Fostering spatial ability development in and for authentic STEM learning. *Frontiers in Education*, 8. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1138607>