UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN

Maestría en Pedagogía de las Ciencias Experimentales con mención en Matemática y Física

GeoGebra para el aprendizaje de funciones en educación secundaria: una revisión sistemática

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Magíster en Pedagogía de las Ciencias Experimentales con mención en Matemática y Física

Autor/a (maestrante):

Byron Andrés Gómez Gómez

Coautor/a (tutor/a):

Johnny Mauricio Lima Narváez

Azogues - Ecuador

Septiembre, 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN

Trabajo de Titulación

Artículo científico enviado, aceptado y/o publicado

Autor/a (maestrante)	Byron Andrés Gómez Gómez
CÓDIGO ORCID	https://orcid.org/0009-0002-7141-5935

Coautor/a (tutor/a)	Johnny Mauricio Lima Narváez
CÓDIGO ORCID	https://orcid.org/0000-0001-7248-2211

Publicación disponible en:	*No aplica (artículo en proceso de revisión).*

UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN

Toda la información contenida en el presente trabajo de titulación es de exclusiva responsabilidad de su autor/a (maestrante) y coautor/a (docente tutor/a), y dispone de la autorización correspondiente para su publicación.

RESUMEN

Este trabajo analizó la evidencia científica sobre el uso de GeoGebra para el aprendizaje de funciones en educación secundaria. Se realizó una búsqueda bibliográfica sistemática con criterios de inclusión y exclusión sobre período de publicación, pertinencia temática, nivel educativo, disponibilidad del texto completo y características de los estudios. La búsqueda se realizó en Scopus, Redalyc, SciELO y otras fuentes académicas, considerando artículos en español, inglés y portugués. El proceso de selección conformó un corpus de 18 artículos, publicados entre 2020 y 2026, analizados en cuatro categorías: comprensión y visualización de funciones; razonamiento y resolución de problemas; dimensión afectiva y participación; y dificultades en el aprendizaje. Los resultados mostraron una tendencia positiva hacia el uso de GeoGebra, especialmente en representación, visualización y comprensión de funciones. Se identificaron aportaciones sobre razonamiento, resolución de problemas y aspectos motivacionales, con resultados heterogéneos. La mayoría de los estudios se centraron en funciones cuadráticas, mientras que hay menos investigaciones sobre modelización, transferencia y permanencia de aprendizajes. GeoGebra es un recurso útil para el aprendizaje de funciones en educación secundaria, si se usa con estrategias didácticas y mediación pedagógica.

PALABRAS CLAVES: GeoGebra, educación matemática, funciones matemáticas, educación secundaria, tecnología educativa, revisión sistemática

ABSTRACT

The objective of this research was to analyze the available scientific evidence on the use of GeoGebra for learning functions in secondary education. A systematic literature review was conducted using inclusion and exclusion criteria related to publication period, thematic relevance, educational level, availability of the full text, and study characteristics. The search was primarily conducted in the Scopus and Redalyc databases, supplemented by other academic sources, considering publications in Spanish, English, and Portuguese. The selection process resulted in a final corpus of 18 articles published between 2020 and 2026, whose content was analyzed using four categories: understanding, representation, and visualization of functions; reasoning, problem-solving, and modeling; affective dimension and participation in learning; and learning difficulties and conceptions. The results showed a predominantly favorable trend toward the use of GeoGebra, especially in the processes of representing, visualizing, and understanding functions. Contributions related to reasoning, problem-solving, and motivational aspects were also identified, although with more heterogeneous results. A concentration of research on quadratic functions was observed, with fewer studies related to modeling, transfer, and retention of learning. It is concluded that GeoGebra is a relevant resource for supporting the learning of functions in secondary education when its use is integrated with intentional teaching strategies and pedagogical mediation processes.

KEYWORDS: GeoGebra, mathematics education, mathematical functions, secondary education, educational technology, systematic review.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN

GeoGebra para el aprendizaje de funciones en educación secundaria: una revisión sistemática

RESUMEN

Este trabajo analizó la evidencia científica sobre el uso de GeoGebra para el aprendizaje de funciones en educación secundaria. Se realizó una búsqueda bibliográfica sistemática con criterios de inclusión y exclusión sobre período de publicación, pertinencia temática, nivel educativo, disponibilidad del texto completo y características de los estudios. La búsqueda se realizó en Scopus, Redalyc y otras fuentes académicas, considerando artículos en español, inglés y portugués. El proceso de selección conformó un corpus de 18 artículos, publicados entre 2020 y 2026, analizados en cuatro categorías: comprensión y visualización de funciones; razonamiento y resolución de problemas; dimensión afectiva y participación; y dificultades en el aprendizaje. Los resultados mostraron una tendencia positiva hacia el uso de GeoGebra, especialmente en representación, visualización y comprensión de funciones. Se identificaron aportaciones sobre razonamiento, resolución de problemas y aspectos motivacionales, con resultados heterogéneos. La mayoría de los estudios se centraron en funciones cuadráticas, mientras que hay menos investigaciones sobre modelización, transferencia y permanencia de aprendizajes. GeoGebra es un recurso útil para el aprendizaje de funciones en educación secundaria, si se usa con estrategias didácticas y mediación pedagógica.

PALABRAS CLAVES: GeoGebra, educación matemática, funciones matemáticas, educación secundaria, tecnología educativa, revisión sistemática.

ABSTRACT

The objective of this research was to analyze the available scientific evidence on the use of GeoGebra for learning functions in secondary education. A systematic literature review was conducted using inclusion and exclusion criteria related to publication period, thematic relevance, educational level, availability of the full text, and study characteristics. The search was primarily conducted in the Scopus and Redalyc databases, supplemented by other academic sources, considering publications in Spanish, English, and Portuguese. The selection process resulted in a final corpus of 18 articles published between 2020 and 2026, whose content was analyzed using four categories: understanding, representation, and visualization of functions; reasoning, problem-solving, and modeling; affective dimension and participation in learning; and learning difficulties and conceptions. The results showed a predominantly favorable trend toward the use of GeoGebra, especially in the processes of representing, visualizing, and understanding functions. Contributions related to reasoning, problem-solving, and motivational aspects were also identified, although with more heterogeneous results. A concentration of research on quadratic functions was observed, with fewer studies related to modeling, transfer, and retention of learning. It is concluded that GeoGebra is a relevant resource for supporting the learning of functions in secondary education when its use is integrated with intentional teaching strategies and pedagogical mediation processes.

KEYWORDS: GeoGebra, mathematics education, mathematical functions, secondary education, educational technology, systematic review.

Introducción

El uso de las tecnologías digitales transforma la forma en que los conceptos matemáticos son representados, indagados y expresados en el aula. La interacción alumno-profesor-objetos matemáticos se transforma cuando se disponen de nuevas posibilidades de exploración y visualización del conocimiento. Diferentes estudios indican que esta transformación depende menos de la disponibilidad de dispositivos y más de cómo estos se integran en las actividades y decisiones pedagógicas (Engelbrecht y Borba, 2024; Weigand et al., 2024). Esto resulta especialmente relevante en la educación secundaria, ya que los estudiantes deben enfrentarse a contenidos matemáticos más abstractos. La idea de función es central en ese proceso, dado que representa relaciones entre variables y une diferentes objetos matemáticos; aprender acerca de las funciones no es sólo aprender procedimientos algebraicos, sino también comprender y reconocer relaciones funcionales en distintas representaciones. Hussein y Csíkos (2022) descubrieron que los estudiantes de secundaria tenían dificultades para reconocer y convertir representaciones de funciones, lo que indica que la comprensión funcional es más compleja que el simple manejo simbólico.

Coordinar representaciones algebraicas, gráficas, tabulares y verbales y interpretar las relaciones que estas expresan en diferentes registros es aprender funciones. Rolfes y cols. (2022) encontraron que el trabajo conjunto con tablas y gráficas, en lugar de usar una única representación, ofrece ventajas en el desarrollo del pensamiento funcional, lo que sugiere la conveniencia de diseñar experiencias que fomenten esas conexiones. Sin embargo, coordinar representaciones sigue siendo un reto en la enseñanza secundaria: los estudiantes tienen dificultades para reconocer una función cuando cambia su representación o al trasladar información de un registro a otro (Hussein & Csíkos, 2022). En este punto los entornos digitales son atractivos por la variedad de representaciones y relaciones que ofrecen, pero su uso requiere una buena organización de las actividades de aprendizaje, ya que disponer de múltiples representaciones no garantiza por sí sola la comprensión.

La conexión entre las representaciones depende, en gran medida, de las oportunidades que brinde la actividad matemática que se proponga en el aula. Hatisaru

(2023) encontró relaciones matemáticas en la enseñanza de funciones en noveno grado, junto con diferencias en el conocimiento matemático de los docentes que las promovían, lo que confirma que la sola disponibilidad de una herramienta no garantiza relaciones significativas: la mediación pedagógica sigue siendo determinante. Las herramientas digitales pueden permitir crear experiencias interactivas para explorar relaciones matemáticas, pero no garantizan por sí mismas mejores aprendizajes, el efecto educativo depende del diseño de las tareas, de la actividad matemática propuesta, de la mediación docente y del papel que la herramienta cumple en la construcción del conocimiento. Así, trabajos recientes sobre prácticas docentes revelan variación en el uso que hacen los profesores de las tecnologías digitales: unos las utilizan para actividades matemáticas complejas, otros para presentar contenidos, practicar procedimientos o motivar a los estudiantes (Kadluba et al., 2025; Weigand et al., 2024).

Al visualizar expresiones y gráficas es más fácil analizar los cambios en una representación y explorar relaciones que con procedimientos manuales tomarían mucho más tiempo. Esto no elimina la necesidad de comprender los conceptos, pero abre un terreno fértil para hacer predicciones y analizar funciones. El interés pedagógico de GeoGebra reside precisamente en la interacción entre sus potenciales dinámicas, las representaciones matemáticas y las actividades propuestas al estudiante: se trata de un entorno que combina objetos y representaciones algebraicas, gráficas y geométricas, y que permite cambiar los parámetros y observar sus transformaciones. Estas características promueven la exploración cuando se incorporan a actividades que requieren analizar relaciones, formular conjeturas, comparar resultados y transformar representaciones (Yohannes & Chen, 2023; Huamán Intiquilla, 2025), aunque la evidencia indica que su impacto varía dependiendo de las características de las intervenciones y las estrategias utilizadas (Batlolona et al., 2021; Wang & Chen, 2025). Su valor educativo reside, sobre todo, en la rapidez con que permite producir representaciones y convertirlas en objetos de razonamiento matemático.

El interés científico por GeoGebra también se ve en las revisiones de literatura ya publicadas. Yohannes y Chen (2023) analizaron artículos publicados entre 2010 y 2020 y encontraron que los contenidos, niveles de enseñanza, metodologías y variables

asociadas al uso del software son diversos, lo que confirma que se trata de un campo de investigación ya consolidado, aunque limitado a un período anterior al desarrollo más reciente de la investigación en tecnologías digitales, por lo que es necesario actualizar la evidencia. Por su parte, Batlolona et al. (2021) realizaron un metaanálisis sobre GeoGebra en el aprendizaje matemático, encontrando resultados favorables en las capacidades matemáticas de los estudiantes, aunque señalan que las características de las intervenciones y de los estudios podrían influir en dichos resultados. Esto indica que el uso de GeoGebra no tiene un efecto homogéneo y que es interesante tener en cuenta las características del contenido y de la propuesta didáctica en cada caso.

La literatura ha cuestionado en parte el rol de las tecnologías digitales en la enseñanza de la matemática. Según Engelbrecht y Borba (2024), la transformación digital ha reorganizado el aprendizaje matemático y ha ampliado la interacción con los recursos digitales, aunque también ha generado nuevos desafíos en la enseñanza, el diseño de actividades y la construcción del conocimiento matemático de los estudiantes. De forma análoga, Weigand y cols. (2024) afirman que la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación de las matemáticas en la era digital suponen replantear las relaciones entre herramientas tecnológicas, actividades matemáticas y competencias de docentes y estudiantes, y que la tecnología debe ser estudiada en función de las prácticas educativas que la incorporan. Además, Abramovich y Mintz (2025) señalan que la tecnología digital desempeña un papel central en la enseñanza de la matemática, tanto en la educación secundaria como en la universitaria, y que los estudios sobre prácticas docentes revelan diferencias significativas en el uso de esta tecnología dentro de las aulas. Esta variación de resultados refuerza la necesidad de examinar con qué aspectos del aprendizaje matemático está relacionado el uso de GeoGebra, y bajo qué condiciones.

En el caso particular de las funciones, la posibilidad de cambiar un parámetro y ver el cambio reflejado en la gráfica de forma inmediata facilita la exploración de la relación entre álgebra y representación gráfica. El entorno permite analizar transformaciones, comparar funciones y estudiar de forma dinámica el comportamiento de las variables, posibilidades especialmente útiles en funciones lineales, cuadráticas, exponenciales, logarítmicas y trigonométricas, donde se requiere relacionar distintos registros de

representación. Una representación dinámica ayuda a los estudiantes a identificar regularidades y a formular hipótesis, pero por sí sola no garantiza la comprensión: las actividades deben fomentar la interpretación, la argumentación, la comparación y la reflexión para que el trabajo con el software se traduzca en aprendizaje matemático.

La producción científica reciente confirma que la investigación sobre tecnologías digitales en la enseñanza de la matemática abarca contextos y problemas variados, y que el campo de estudio en torno a GeoGebra continúa en expansión. Huamán Intiquilla (2025) revisó investigaciones publicadas entre 2010 y 2023 sobre GeoGebra en educación básica y confirmó la consolidación de este campo de estudio; sin embargo, su revisión abarca contenidos matemáticos y niveles educativos muy variados, por lo que de ella no pueden derivarse contribuciones específicas al aprendizaje de funciones en secundaria.

Saraiva Carneiro et al. (2024) realizaron una revisión sobre el uso de GeoGebra en dispositivos móviles para enseñar geometría. Su trabajo confirma el interés por la tecnología digital en la educación matemática, pero su enfoque geométrico deja ver la necesidad de revisiones centradas en otros contenidos. En conjunto, la literatura disponible es numerosa pero heterogénea: los estudios varían en contenidos matemáticos, niveles educativos, contextos, estrategias pedagógicas, instrumentos de evaluación y dimensiones del aprendizaje consideradas, y mientras unos se centran en el rendimiento académico, otros abordan la comprensión, la representación, la visualización, el razonamiento, la resolución de problemas, la modelización, la motivación o el interés. Esta diversidad dificulta una lectura integrada de lo que se sabe sobre el aprendizaje de funciones matemáticas en secundaria.

Esta investigación responde, entonces, a la necesidad de organizar y analizar la evidencia sobre el uso de GeoGebra específicamente en el aprendizaje de funciones en educación secundaria. Las revisiones anteriores han abordado el software de manera general, considerando múltiples dominios matemáticos, o se han concentrado en áreas específicas como la geometría; hacía falta una síntesis que limitara el análisis a las funciones matemáticas y explorara las dimensiones de aprendizaje relacionadas con esta herramienta. Esa delimitación resulta pertinente porque las funciones constituyen un

contenido transversal en la educación matemática secundaria, en el que se articulan representaciones algebraicas, gráficas, tabulares y contextuales. Revisar esta evidencia permite identificar qué funciones se han estudiado, qué resultados de aprendizaje se reportan, cómo se integra GeoGebra en las propuestas didácticas y qué dificultades documentan los estudios. Incluir investigaciones en español, inglés y portugués, con énfasis en la literatura indexada en Scopus y Redalyc y complementada con otras fuentes, amplía el alcance de la revisión, reduce la dependencia de una sola comunidad académica y permite comparar convergencias y diferencias entre países y sistemas educativos.

El corpus seleccionado abarca el período 2020-2026, lo que permite actualizar la evidencia y concentrar el análisis en estudios recientes sobre GeoGebra en el aprendizaje de funciones en secundaria; las categorías de análisis empleadas para examinar esos estudios se describen en el apartado de método, con sus definiciones y procedimientos operativos. Desde una mirada crítica, interesa determinar si los beneficios de GeoGebra se concentran en ciertas dimensiones del aprendizaje o si, por el contrario, hay evidencia distribuida entre distintas funciones y contextos, así como reconocer las limitaciones de los estudios y verificar si el software se acompaña de estrategias pedagógicas que favorezcan los procesos matemáticos, pues incorporar tecnología no garantiza por sí solo mejores resultados educativos. Una revisión sistemática permite sintetizar los estudios disponibles, superar la fragmentación de la evidencia e identificar tendencias, divergencias y áreas poco exploradas, con resultados que pueden ser útiles tanto para investigadores como para docentes interesados en incorporar GeoGebra a la enseñanza de funciones. En ese sentido, este trabajo revisa la evidencia disponible sobre el uso de GeoGebra en el aprendizaje de funciones en secundaria entre 2020 y 2026, e identifica aportes, tendencias, dificultades y vacíos de investigación.

Materiales y Métodos

El estudio adoptó una perspectiva cualitativa y un diseño de revisión sistemática de la literatura para analizar la evidencia científica sobre el uso de GeoGebra en el aprendizaje de funciones en educación secundaria entre 2020 y 2026. Se siguieron las directrices PRISMA 2020, que establecen criterios para informar sobre fuentes, estrategias de

búsqueda, criterios de elegibilidad, selección de estudios, extracción de información y síntesis, y que buscan garantizar la transparencia de todo el proceso (Page et al., 2021). La evidencia se sintetizó mediante un análisis cualitativo orientado a identificar tendencias, aportes, dificultades y coincidencias entre los estudios seleccionados; no se realizó metaanálisis debido a la heterogeneidad de diseños, participantes, contenidos e instrumentos, por lo que los hallazgos se organizaron en una síntesis narrativa por categorías que permitiera comparar la evidencia.

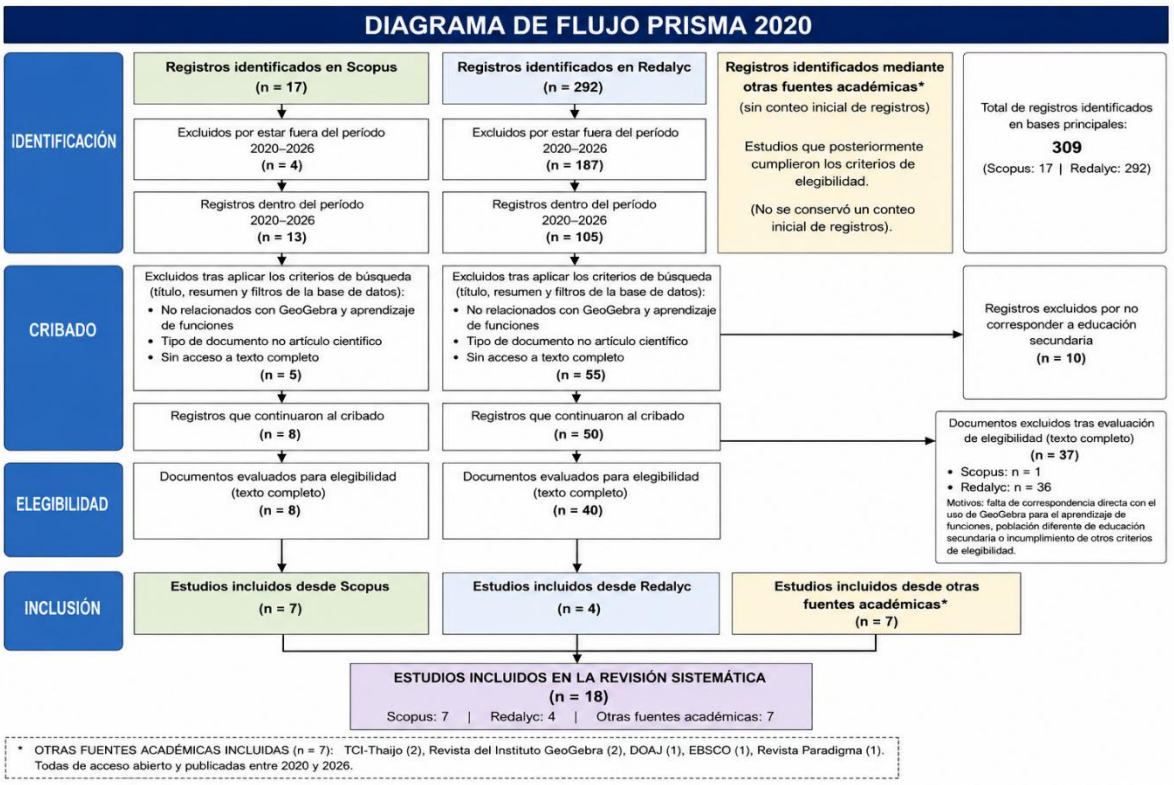
La búsqueda bibliográfica se realizó principalmente en Scopus y Redalyc, por su cobertura en educación y educación matemática, y se complementó con SciELO y otras fuentes académicas para localizar estudios que cumplieran los criterios predefinidos y no estuvieran indexados en las bases principales. Se consideraron artículos publicados entre 2020 y 2026, en español, inglés o portugués, sobre el aprendizaje de funciones en secundaria. La selección priorizó investigaciones que usaran GeoGebra como herramienta educativa y se complementó con estudios de contraste sobre entornos digitales dinámicos o propuestas de matematización, siempre que sus resultados permitieran una interpretación comparativa. La estrategia de búsqueda combinó términos tecnológicos, contenido matemático y nivel educativo, mediante descriptores como “GeoGebra”, “functions”, “mathematical functions”, “function learning”, “secondary education”, “secondary school”, “educación secundaria” y “funciones matemáticas”, combinados con los operadores AND y OR. Las expresiones de búsqueda se adaptaron a las características de cada fuente para mantener correspondencia entre la pregunta de revisión, los criterios de elegibilidad y los resultados recuperados.

Se incluyeron artículos científicos publicados entre 2020 y 2026, en español, inglés o portugués, disponibles en texto completo y realizados con estudiantes de educación secundaria. Se priorizaron las investigaciones centradas en el uso de GeoGebra para el aprendizaje de funciones, y se admitieron estudios de contraste sobre el aprendizaje de funciones en otros entornos digitales, siempre que aportaran evidencia comparable en comprensión, representación, visualización, razonamiento, resolución de problemas, modelización, participación o dificultades de aprendizaje. Se excluyeron las publicaciones anteriores a 2020, los documentos no científicos, los duplicados, las investigaciones

realizadas en otros niveles educativos, los trabajos sobre contenidos matemáticos ajenos a las funciones y los documentos que resultaron irrelevantes para la pregunta de revisión.

El proceso de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión siguió las directrices PRISMA 2020 (Page et al., 2021). Una vez revisados el nivel educativo, la pertinencia temática y los demás criterios de elegibilidad, se seleccionaron siete estudios procedentes de Scopus y cuatro de Redalyc. La búsqueda se amplió mediante SciELO y otras fuentes académicas, entre ellas el Thai-Journal Citation Index Centre, DOAJ y EBSCO, además de revistas especializadas en educación matemática. Esta búsqueda permitió incorporar siete estudios adicionales que cumplían los criterios definidos para la revisión. En total, el corpus quedó conformado por 18 artículos, cuyo proceso de identificación y selección se presenta en la Figura 1.

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios según PRISMA 2020



Nota. Elaboración propia con base en las directrices de Page et al. (2021).

La técnica empleada fue el análisis documental, mediante la revisión sistemática y comparativa de los artículos incluidos. Para extraer y organizar la información se construyó una matriz de análisis documental en función del objetivo de la investigación, que permitió registrar de manera uniforme los datos bibliográficos y metodológicos de cada estudio: autoría, año de publicación, país, idioma, fuente de recuperación, tipo de función abordada, nivel educativo, metodología, participantes, forma de utilización de GeoGebra, principales hallazgos y limitaciones reportadas. La extracción se realizó mediante la lectura del texto completo de cada estudio, con atención especial a los apartados de metodología, resultados y conclusiones, y la información registrada se organizó posteriormente según las categorías analíticas definidas para la revisión, lo que permitió comparar los estudios de manera transversal e identificar regularidades, diferencias y vacíos en la evidencia disponible.

La información extraída se organizó mediante un procedimiento de análisis de contenido cualitativo, orientado a identificar patrones temáticos y agrupar hallazgos conceptualmente relacionados. La construcción de las categorías buscó mantener correspondencia entre el objetivo de la revisión, la información reportada por los estudios y el nivel de interpretación empleado durante la síntesis, entendiendo la categorización como el procedimiento que permite organizar contenidos relacionados en unidades analíticas comparables (Graneheim et al., 2017).

A partir de este procedimiento se definieron cuatro categorías de análisis: comprensión, representación y visualización de funciones; razonamiento, resolución de problemas y modelización; dimensión afectiva y participación en el aprendizaje; y dificultades y concepciones en el aprendizaje. Para cada categoría se determinaron subcategorías y aspectos observables que orientaron la lectura, clasificación y comparación de los 18 estudios incluidos, lo que permitió integrar dimensiones conceptualmente relacionadas y reducir la fragmentación del análisis

sin perder la especificidad de los hallazgos identificados en el corpus documental. La estructura categorial empleada se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Categorías para el análisis documental

Categoría de análisis	Subcategorías	Aspectos observables
Comprensión, representación y visualización de funciones	Comprensión conceptual; representaciones algebraicas, gráficas y tabulares; visualización dinámica	Comprensión de conceptos y propiedades de las funciones; relaciones entre diferentes representaciones; interpretación de gráficas; cambios observados al modificar parámetros mediante GeoGebra.
Razonamiento, resolución de problemas y modelización	Razonamiento matemático; estrategias de resolución; formulación de conjeturas; modelización	Formulación, exploración y comprobación de conjeturas; estrategias utilizadas para resolver problemas; construcción e interpretación de modelos funcionales y aplicación de funciones a situaciones contextualizadas.
Dimensión afectiva y participación en el aprendizaje	Motivación; interés; participación	Cambios reportados en la motivación y el interés hacia el aprendizaje de funciones; participación e implicación del estudiante durante actividades apoyadas en GeoGebra.
Dificultades y concepciones en el aprendizaje	Errores; concepciones alternativas; dificultades conceptuales y procedimentales	Errores en la interpretación algebraica o gráfica de funciones; concepciones alternativas y dificultades conceptuales o procedimentales identificadas durante el aprendizaje con GeoGebra.

Nota: Elaboración propia

El análisis se desarrolló mediante síntesis narrativa y comparación categorial de los estudios seleccionados. La información registrada en la matriz documental se agrupó según las cuatro categorías establecidas y se examinó con el propósito de identificar convergencias, divergencias, tendencias y vacíos entre las investigaciones, integrando evidencia procedente de estudios con características metodológicas heterogéneas sin asumir equivalencia entre sus diseños, muestras, instrumentos o resultados. Los estudios

de contraste se utilizaron exclusivamente con fines interpretativos y comparativos, de modo que sus resultados no se atribuyeron directamente a los efectos de GeoGebra. La interpretación se realizó mediante comparación transversal, considerando el contenido funcional abordado, el contexto educativo, la estrategia didáctica asociada con GeoGebra y los principales resultados reportados, lo que permitió distinguir entre hallazgos recurrentes y evidencias menos consistentes sin atribuir al software efectos que podían depender de otros componentes de las intervenciones educativas. Los resultados obtenidos mediante este proceso se presentan a continuación, organizados según las categorías definidas previamente.

Resultados y Discusión

Comprensión, representación y visualización de funciones

La comprensión, representación y visualización es la dimensión donde se observa una de las convergencias más claras del corpus. Hidayat et al. (2024) encontraron resultados favorables en la comprensión conceptual de estudiantes de secundaria cuando GeoGebra se incorporó a las actividades de aprendizaje, y Sebsibe y Abdella (2025) reportaron mejoras en el aprendizaje de la función cuadrática mediante una propuesta integrada con el software. En contextos distintos, Buene y Munguambe (2024) y Carapás Revelo et al. (2025) también estudiaron el aprendizaje de funciones cuadráticas apoyado en GeoGebra, lo que confirma la fuerte presencia de esta familia funcional en la evidencia disponible. Esa comprensión conceptual está estrechamente ligada a las posibilidades de representación que ofrece el entorno dinámico: Andrés et al. (2021) mostraron que las representaciones generadas en pantalla adquieren valor matemático cuando se convierten en objetos de exploración y discusión durante la actividad de aula, mientras que Arnal-Palación et al. (2022), al contrastar la representación de funciones cuadráticas mediante lápiz y papel frente a GeoGebra, aportaron una mirada complementaria sobre las posibilidades de la herramienta para vincular procedimientos algebraicos y representaciones gráficas. En ambos casos, el aporte no está solo en producir una gráfica con mayor rapidez, sino en disponer de representaciones que pueden compararse, modificarse e interpretarse.

Esta tendencia no se limita a las funciones cuadráticas. Juandi et al. (2025) abordaron la comprensión conceptual de funciones trigonométricas mediante aprendizaje apoyado en GeoGebra, mientras que Martin Guillén y Lezcano Rodríguez (2021) analizaron la incorporación de GeoGebra desde dispositivos móviles en la enseñanza media, incluyendo aplicaciones relacionadas con contenidos funcionales; este segundo trabajo confirma que el recurso puede incorporarse en actividades de enseñanza media vinculadas, entre otros contenidos, con funciones trigonométricas. En conjunto, estos trabajos amplían la evidencia más allá de una única familia funcional, aunque la función cuadrática sigue siendo el contenido predominante. Asie et al. (2026) aportan evidencia reciente sobre la enseñanza de funciones parabólicas mediante GeoGebra en educación secundaria, lo que muestra la continuidad de esta línea de investigación y permite contrastar sus resultados con estudios anteriores sobre la función cuadrática. Por su parte, Abdullah et al. (2020), al articular GeoGebra con una estrategia de razonamiento inductivo en el aprendizaje de gráficas funcionales, dejan ver que los resultados conceptuales no dependen únicamente de la disponibilidad del software, sino también de cómo se organizan las actividades matemáticas.

En contraste, Del Cerro Velázquez y Morales Méndez (2021) estudiaron el aprendizaje de funciones mediante una aplicación de realidad aumentada con estudiantes de secundaria, por lo que sus resultados no constituyen evidencia directa sobre GeoGebra; su aporte comparativo permite, sin embargo, observar que las posibilidades de visualización e interacción no son exclusivas de un único entorno tecnológico. Esto obliga a interpretar el corpus con cautela: los resultados favorables no deben atribuirse automáticamente a GeoGebra cuando ciertas ventajas pueden relacionarse también con características más amplias de los entornos digitales dinámicos. En conjunto, la evidencia muestra que GeoGebra tiene especial potencial para apoyar la comprensión cuando facilita la coordinación entre expresiones algebraicas y representaciones gráficas, y la exploración dinámica de los parámetros, aunque generar una representación correcta no equivale a comprender las relaciones matemáticas que la sustentan. El valor educativo del entorno aumenta cuando la visualización se articula con actividades de interpretación, comparación y explicación, de modo que el estudiante no se limite a observar los cambios en pantalla, sino que pueda atribuirles significado matemático.

Razonamiento, resolución de problemas y modelización

Los resultados relacionados con razonamiento y resolución de problemas muestran una tendencia favorable, aunque menos homogénea que la encontrada para comprensión y representación. Hongthong et al. (2024), al combinar un enfoque abierto con GeoGebra en el estudio de funciones cuadráticas de noveno grado, reportaron resultados vinculados con el pensamiento crítico y el rendimiento matemático. Sompakdee et al. (2024), por su parte, integraron indagación y reflexión con GeoGebra para trabajar el conocimiento conceptual asociado con las gráficas de funciones cuadráticas. Aunque las estrategias empleadas difieren, ambos estudios coinciden en situar al estudiante ante actividades que van más allá de la observación pasiva de representaciones.

Morales Carballo et al. (2022) aportan otra perspectiva al organizar el aprendizaje de la función y la ecuación cuadrática mediante una trayectoria hipotética de aprendizaje apoyada en GeoGebra, donde la herramienta se integra dentro de una secuencia progresiva de actividades y no como un recurso aislado. Esta evidencia coincide con Abdullah et al. (2020), cuyo trabajo con razonamiento inductivo muestra igualmente que la exploración tecnológica gana significado cuando se vincula con una estrategia cognitiva definida.

Granados-Ortiz y Padilla-Escorcia (2021) ofrecen uno de los ejemplos más claros del corpus al abordar el aprendizaje gráfico de la recta tangente mediante la modelación de secciones cónicas con GeoGebra. El estudio vincula explícitamente modelación, representación y uso del entorno dinámico, y se diferencia de aquellos en los que el software se usa principalmente para construir o comprobar una gráfica, ya que la modelización exige interpretar variables, establecer relaciones y otorgar significado al modelo obtenido.

González-Polo y Castañeda (2023) sirven aquí de contraste útil: analizan el aprendizaje de funciones mediante una secuencia de caída libre desde la matematización progresiva, por lo que no deben tomarse como evidencia directa de resultados producidos por GeoGebra, pero su presencia permite comparar el papel de la tecnología con una propuesta donde el aprendizaje se centra en la construcción progresiva de relaciones

funcionales a partir de una situación contextualizada. Esta comparación respalda una conclusión importante de la revisión: la modelización depende sobre todo de la actividad matemática propuesta y no únicamente del recurso tecnológico empleado. En conjunto, los estudios muestran que GeoGebra favorece escenarios de exploración, comprobación de conjeturas y análisis de estrategias, pero la evidencia sobre procesos completos de modelización sigue siendo limitada, lo que impide equiparar la resolución de ejercicios mediante el software con el desarrollo de la competencia de modelización. Por ello, los resultados más consistentes aparecen cuando GeoGebra se integra en secuencias que requieren interpretar, contrastar y justificar las relaciones matemáticas obtenidas.

Dimensión afectiva y participación en el aprendizaje

La dimensión afectiva cuenta con menos evidencia que los componentes conceptuales y representacionales, pero aporta información relevante sobre la experiencia del estudiante durante el aprendizaje con GeoGebra. Abdullah et al. (2020) analizaron específicamente la motivación durante el aprendizaje de gráficas funcionales mediante una estrategia de razonamiento inductivo asistida por el software y reportaron resultados favorables en las dimensiones motivacionales consideradas. Melissa et al. (2023), por su parte, centraron su investigación en el interés de los estudiantes durante el aprendizaje de funciones cuadráticas con GeoGebra. La coincidencia entre ambos estudios sugiere una valoración favorable de la interacción tecnológica, aunque motivación e interés son dimensiones distintas y no deben tratarse como equivalentes.

La participación aparece vinculada con propuestas en las que el estudiante puede manipular objetos, contrastar resultados y observar de inmediato las consecuencias de sus acciones. Hidayat et al. (2024) incorporaron la participación junto con la comprensión conceptual, lo que permite analizar juntos los componentes cognitivos y de implicación en el aprendizaje. Juandi et al. (2025) amplían esta perspectiva en el contexto de las funciones trigonométricas y muestran que las experiencias apoyadas en GeoGebra pueden valorarse no solo por el resultado conceptual, sino también por la interacción que se produce durante las actividades. Con todo, estos hallazgos requieren una lectura prudente: una actitud favorable hacia la herramienta, un mayor interés por la actividad o una participación más visible no constituyen por sí mismos evidencia de comprensión matemática, del mismo

modo que una innovación tecnológica puede generar curiosidad inicial sin que ese efecto se sostenga en el tiempo. Por eso la dimensión afectiva debe interpretarse de manera complementaria a los resultados conceptuales, y no como un indicador sustituto del aprendizaje.

La evidencia disponible permite reconocer condiciones favorables de motivación, interés y participación en algunas experiencias apoyadas en GeoGebra, aunque esta dimensión cuenta con menos estudios y mayor heterogeneidad metodológica que los centrados en representación y comprensión. Esto señala la necesidad de examinar con mayor profundidad la relación entre la disposición afectiva del estudiante, la naturaleza de las tareas y los aprendizajes matemáticos alcanzados.

Dificultades y concepciones en el aprendizaje

El análisis de las dificultades y concepciones permite equilibrar la tendencia mayormente favorable de las otras categorías. Sebsibe y Abdella (2023) estudiaron específicamente GeoGebra como artefacto mediador para reducir concepciones erróneas en el aprendizaje del concepto de función. Su trabajo muestra que la manipulación y la representación dinámica pueden ayudar a visibilizar determinadas relaciones matemáticas y ofrecer oportunidades para revisar interpretaciones previas, aunque eso no implica que las concepciones cambien de manera automática.

Las dificultades relacionadas con la coordinación entre registros también aparecen en los estudios de Andrés et al. (2021) y Arnal-Palacián et al. (2022): en ambos casos, producir una representación gráfica es solo una parte de la actividad matemática, mientras que el verdadero desafío está en interpretar la información representada y relacionarla con expresiones, propiedades y parámetros. GeoGebra puede reducir ciertas demandas operativas, pero esa reducción no implica que desaparezcan las dificultades conceptuales. Los resultados de Buene y Munguambe (2024), Carapás Revelo et al. (2025) y Sebsibe y Abdella (2025), centrados en funciones cuadráticas, permiten examinar esta cuestión desde contextos educativos distintos. La convergencia de investigaciones sobre este contenido sugiere que GeoGebra ofrece posibilidades relevantes para trabajar las relaciones entre parámetros y gráficas, aunque la concentración en una misma familia funcional dificulta

saber si las dificultades observadas y las formas de abordarlas se repiten en otras funciones.

Juandi et al. (2025) resultan particularmente interesantes por abordar funciones trigonométricas, mientras que Martin Guillén y Lezcano Rodríguez (2021) muestran posibilidades de incorporar el software en la enseñanza media desde dispositivos móviles. Estos trabajos amplían el contexto de uso de GeoGebra y permiten advertir que las dificultades no dependen únicamente del concepto matemático, sino también de las condiciones tecnológicas, la forma de interactuar con el recurso y la organización didáctica. GeoGebra puede ayudar a identificar y confrontar errores y concepciones mediante la comparación dinámica de representaciones, pero no debe interpretarse como un mecanismo automático de corrección conceptual, ya que superar esas dificultades requiere que el estudiante explique las relaciones observadas, contraste sus predicciones y reconstruya los significados matemáticos implicados.

Discusión integrada

Los hallazgos de la revisión muestran una relación estrecha entre las posibilidades de representación de GeoGebra y los procesos de comprensión de las funciones. Esta es la tendencia más consistente del corpus: la representación dinámica facilita explorar a la vez expresiones algebraicas y gráficas, y observar los cambios que produce modificar los parámetros. Sin embargo, la comparación entre categorías muestra que esta ventaja pierde uniformidad a medida que se consideran procesos más complejos, como el razonamiento, la resolución de problemas y, sobre todo, la modelización matemática. Los resultados, por tanto, no respaldan una relación automática entre usar el software y desarrollar todas las dimensiones del aprendizaje.

La interpretación del corpus también tuvo en cuenta que no todos los estudios incluidos aportan el mismo tipo de evidencia: la mayoría examina directamente experiencias apoyadas en GeoGebra, mientras que algunos trabajos se incorporaron como referentes de contraste, para distinguir las contribuciones específicas del software de aquellas asociadas con características más generales de los entornos digitales o de las propuestas didácticas. Esta diferenciación evitó atribuir a GeoGebra resultados que

podían explicarse por otros componentes de la experiencia educativa, y coincide con antecedentes externos al corpus seleccionado: Yohannes y Chen (2023), en su revisión sistemática sobre GeoGebra, identificaron una amplia diversidad de contenidos, metodologías y resultados educativos asociados con el software, mientras que Batlolona et al. (2021) encontraron efectos globalmente favorables en el aprendizaje matemático, aunque sujetos a variaciones entre las intervenciones analizadas. En conjunto, estos antecedentes y los resultados de la presente revisión permiten sostener que las posibilidades tecnológicas de GeoGebra adquieren significado educativo en función de las actividades matemáticas en las que se incorporan, por lo que la herramienta no debería interpretarse como una variable independiente de las decisiones didácticas.

Esta cuestión es central para diferenciar visualización y comprensión. Generar y modificar representaciones es una de las características centrales de GeoGebra, pero observar un cambio gráfico no implica comprender la relación matemática que lo produce. Esto coincide con Hussein y Csíkos (2022), quienes identificaron dificultades de estudiantes de secundaria para reconocer y transformar diferentes representaciones de funciones, y con Rolfes et al. (2022), cuyos resultados resaltan el valor de trabajar el pensamiento funcional desde múltiples representaciones. La evidencia analizada refuerza, entonces, la necesidad de que la actividad con GeoGebra vaya más allá de generar gráficas y promueva interpretar las relaciones entre los registros utilizados.

La mediación pedagógica es, en este sentido, un elemento común a las cuatro categorías: los resultados más favorables aparecen en propuestas que combinan el entorno dinámico con indagación, razonamiento, reflexión, formulación de conjeturas o secuencias estructuradas de aprendizaje. Hatisaru (2023) encontró algo similar al mostrar que las conexiones matemáticas establecidas durante la enseñanza de funciones varían según las oportunidades que genera el docente, y Weigand et al. (2024) advierten que el uso educativo de las tecnologías digitales debe analizarse junto con las actividades matemáticas y las prácticas pedagógicas en las que se integran. El potencial de GeoGebra parece residir, entonces, menos en su presencia en el aula que en la calidad matemática y didáctica de las tareas que organiza.

La comparación de las categorías revela una distribución desigual de la evidencia entre las dimensiones estudiadas: mientras que la comprensión, representación y visualización tienen una presencia considerable en el corpus, la dimensión afectiva ofrece resultados más limitados y la modelización aparece menos desarrollada. Esta diferencia obliga a interpretar con cautela las afirmaciones generales sobre los beneficios de GeoGebra, porque una mejora en motivación o interés no equivale a una mejora conceptual, del mismo modo que manipular representaciones no demuestra por sí solo el desarrollo de procesos completos de modelización. A esto se suma que la heterogeneidad de diseños, instrumentos y estrategias didácticas obliga a distinguir los resultados específicos que evalúa cada investigación.

También se observa una concentración importante de estudios sobre funciones cuadráticas. Esta tendencia puede explicarse, en parte, por las posibilidades que ofrece el entorno dinámico para relacionar parámetros algebraicos con transformaciones gráficas, pero limita la extensión de los hallazgos a otras familias funcionales. Por ello, aunque la evidencia revisada permite reconocer tendencias favorables para el aprendizaje de funciones mediante GeoGebra, estas deben interpretarse dentro de los límites del corpus analizado. La contribución principal de la revisión está, entonces, en mostrar que los resultados más consistentes se concentran en la comprensión, representación y visualización, mientras que procesos como la modelización, la transferencia y la permanencia del aprendizaje todavía necesitan una base empírica más amplia.

Limitaciones de la revisión

La interpretación de los hallazgos debe considerar algunas limitaciones del proceso de revisión. Aunque la búsqueda se realizó principalmente en Scopus y Redalyc y se complementó con otras fuentes académicas, la estrategia empleada no garantiza haber recuperado la totalidad de las investigaciones disponibles sobre el fenómeno estudiado. La delimitación temporal entre 2020 y 2026, los términos de búsqueda y los criterios de elegibilidad establecidos condicionaron, además, la conformación del corpus documental. Otra limitación corresponde a la heterogeneidad metodológica de los estudios incluidos: las diferencias en participantes, duración de las intervenciones, estrategias didácticas, instrumentos de evaluación, tipos de funciones y resultados analizados dificultan comparar

directamente los hallazgos. Esta diversidad justificó el uso de una síntesis narrativa y categorial, pero impide establecer estimaciones cuantitativas generales sobre la magnitud de los efectos asociados con el uso de GeoGebra.

Finalmente, la concentración de investigaciones sobre funciones cuadráticas limita la posibilidad de extender los hallazgos con el mismo grado de certeza a otras familias de funciones presentes en la educación secundaria. Además, aunque incluir publicaciones en español, inglés y portugués permitió incorporar evidencia de distintos contextos educativos, es posible que hayan quedado fuera investigaciones relevantes publicadas en otros idiomas. Por estas razones, los resultados deben interpretarse como tendencias derivadas del corpus seleccionado y no como afirmaciones generalizables a cualquier contexto de enseñanza y aprendizaje de funciones.

Conclusiones

A partir del análisis de la evidencia científica incluida en la revisión sistemática, se establecen las siguientes conclusiones:

Los resultados de la revisión indican que GeoGebra tiene un potencial favorable para el aprendizaje de funciones en educación secundaria, sobre todo en los procesos de comprensión, representación y visualización de estos conceptos matemáticos. Esto respalda la idea de que integrar herramientas tecnológicas en el aula puede contribuir a enriquecer la enseñanza y facilitar la asimilación de contenidos complejos. El entorno dinámico permite explorar las conexiones entre las expresiones algebraicas y sus representaciones gráficas, y observar los cambios que produce ajustar los parámetros, siempre que estas posibilidades se complementen con actividades diseñadas para fortalecer la comprensión matemática.

Los resultados relacionados con razonamiento, resolución de problemas y modelización son menos homogéneos que los de las demás categorías evaluadas. GeoGebra ofrece un entorno propicio para investigar y experimentar con distintas relaciones matemáticas, lo que permite formular hipótesis, poner a prueba suposiciones y evaluar diferentes enfoques de resolución. No obstante, el éxito de estos procesos depende en gran medida de la naturaleza y complejidad de las actividades planteadas,

así como de la calidad de la orientación pedagógica. Dentro del corpus analizado, la modelización es una de las dimensiones menos exploradas, lo que señala la necesidad de investigaciones más exhaustivas en este ámbito.

Los estudios centrados en la dimensión afectiva muestran resultados positivos en motivación, interés y participación, aunque con menos evidencia disponible que los procesos conceptuales y representacionales. Esto indica que una disposición favorable de los estudiantes hacia las tareas con GeoGebra no se traduce necesariamente en un avance equivalente en la comprensión de conceptos matemáticos.

GeoGebra puede ser útil para identificar y abordar dificultades y concepciones erróneas en el aprendizaje de las funciones matemáticas. Al permitir explorar y comparar distintas representaciones (gráficas, tablas y ecuaciones), ofrece a los estudiantes la oportunidad de profundizar su comprensión y corregir posibles errores conceptuales. Sin embargo, lograr una representación gráfica precisa o reducir errores de procedimiento no garantiza por sí solo superar los obstáculos conceptuales, por lo que conviene combinar el uso del software con estrategias que promuevan la explicación, el razonamiento y la comprensión de las conexiones identificadas.

La evidencia disponible se concentra sobre todo en funciones cuadráticas y ofrece menos información sobre otras familias funcionales, como las polinómicas de grado superior, las exponenciales o las logarítmicas. Además, hace falta investigar más la transferencia del aprendizaje entre contextos, su permanencia en el tiempo y los procesos completos de modelización matemática, incluyendo la formulación de hipótesis, la recolección de datos, el análisis y la interpretación de resultados. Futuras investigaciones deberían ampliar los contenidos funcionales estudiados y emplear diseños que permitan evaluar no solo los resultados inmediatos, sino también su durabilidad y aplicación práctica.

Referencias

Abdullah, A. H., Misrom, N. S., Kohar, U. H. A., Hamzah, M. H., Ashari, Z. M., Ali, D. F., Abu Samah, N., Mohd Tahir, L., & Abd Rahman, S. N. S. A. (2020). The effects of an inductive reasoning learning strategy assisted by the GeoGebra software on

students' motivation for the Functional Graph II topic. *IEEE Access, 8*, 143848–143861. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3014202

Abramovich, S., & Mintz, J. (2025). Digital technology in secondary and tertiary mathematics education. *Computers in the Schools, 42*(3), 213–218. https://doi.org/10.1080/07380569.2025.2466361

Andrés, M., Coronel, M. T., Di Rico, E., Luna, J. P., & Sessa, C. (2021). El papel de las representaciones en la pantalla de GeoGebra en el trabajo matemático del aula: Investigación colaborativa en torno a la enseñanza de funciones en la Escuela Secundaria. *Educación Matemática, 33*(3), 7–38. https://doi.org/10.24844/EM3303.01

Arnal-Palacián, M., Baeza, M. Á., & Claros-Mellado, J. (2022). Quadratic functions representation: Pencil and paper vs GeoGebra. *International Journal for Technology in Mathematics Education, 29*(3), 165–178. https://doi.org/10.1564/tme_v29.3.04

Asie, P. S., Amenorfe, F., & Larbi, E. (2026). Teaching parabolic functions using GeoGebra in senior high school: Evidence from a one-group pretest–posttest study. *Frontiers in Education, 11*, 1856879. https://doi.org/10.3389/feduc.2026.1856879

Batlolona, J. R., Nenohai, Y., Leasa, M., & Taba, H. (2021). A meta-analysis of GeoGebra software decade of assisted mathematics learning: What to learn and where to go? *Heliyon, 7*(5), e06953. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06953

Buene, B. C., & Munguambe, Y. (2024). GeoGebra as auxiliary software in the teaching and learning process of quadratic functions. *Revista do Instituto GeoGebra Internacional de São Paulo, 13*(1), 61–89. https://doi.org/10.23925/2237-9657.2024.v13i1p061-0089

Carapás Revelo, A. C., Anrango Sosa, M. A., Morales Chilo, M. O., Vaca Montenegro, M. L., & Pico López, K. A. (2025). Impacto del GeoGebra como recurso didáctico en el aprendizaje de la función cuadrática, para estudiantes de bachillerato. *LATAM*

Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, 6(3), 2223–2233. https://doi.org/10.56712/latam.v6i3.4106

Del Cerro Velázquez, F., & Morales Méndez, G. (2021). Application in augmented reality for learning mathematical functions: A study for the development of spatial intelligence in secondary education students. *Mathematics, 9*(4), 369. https://doi.org/10.3390/math9040369

Engelbrecht, J., & Borba, M. C. (2024). Recent developments in using digital technology in mathematics education. *ZDM – Mathematics Education, 56*, 281–292. https://doi.org/10.1007/s11858-023-01530-2

González-Polo, R. I., & Castañeda, A. (2023). Aprender funciones como un proceso de matematización progresiva: Estudiantes de secundaria enfrentando una secuencia didáctica de caída libre. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa, 26*(2), 147–175. https://doi.org/10.12802/relime.23.2621

Granados-Ortiz, C. A., & Padilla-Escorcia, I. A. (2021). El aprendizaje gráfico de la recta tangente a través de la modelación de las secciones cónicas utilizando GeoGebra. *Revista Científica, 40*(1), 118–132. https://doi.org/10.14483/23448350.16137

Graneheim, U. H., Lindgren, B.-M., & Lundman, B. (2017). Methodological challenges in qualitative content analysis: A discussion paper. *Nurse Education Today, 56*, 29–34. https://doi.org/10.1016/j.nedt.2017.06.002

Hatisaru, V. (2023). Mathematical connections established in the teaching of functions. *Teaching Mathematics and Its Applications: An International Journal of the IMA, 42*(3), 207–227. https://doi.org/10.1093/teamat/hrac013

Hidayat, R., Wan Mohd Noor, W. N., Nasir, N., & Mohd Ayub, A. F. (2024). The role of GeoGebra software in conceptual understanding and engagement among secondary school student. *Infinity Journal, 13*(2), 317–332. https://doi.org/10.22460/infinity.v13i2.p317-332

Hongthong, N., Sangsrikaew, P., & Pimpasalee, W. (2024). Development of critical thinking skill and mathematical achievement on quadratic function of Grade 9

students using open approach and GeoGebra. *Journal of Education and Innovation, 26*(2), 106–117. https://so06.tci-thaijo.org/index.php/edujournal_nu/article/view/262866

Huamán Intiquilla, R. (2025). GeoGebra en el entorno educacional básica: Una revisión sistemática. *Horizontes. Revista de Investigación en Ciencias de la Educación, 9*(39), 3194–3210. https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v9i39.1112

Hussein, Y. F., & Csíkos, C. (2022). How do secondary school students from the Kurdistan Region of Iraq understand the concept of function? *Teaching Mathematics and Computer Science, 19*(2), 221–244. https://doi.org/10.5485/TMCS.2021.0529

Juandi, J., Sugiatno, S., & Noviani, E. (2025). Enhancing students' conceptual understanding of trigonometric functions through GeoGebra-based learning. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika, 16*(1), 55–70. https://doi.org/10.24042/ajpm.v16i1.25653

Kadluba, A., Reinhold, F., & Obersteiner, A. (2025). How do teachers use digital technology in classrooms? Characterizing mathematics teachers' teaching practices. *Computers and Education Open, 9*, 100310. https://doi.org/10.1016/j.caeo.2025.100310

Martin Guillén, Y., & Lezcano Rodríguez, L. E. (2021). El GeoGebra en la clase de matemática de la enseñanza media desde los móviles. *VARONA, Revista Científico-Metodológica*, (73). https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360670689008

Melissa, M. M., Redianto, A., Wiwahanama, A. V., & Maturbongs, L. M. (2023). The students' learning interest in quadratic function topics using GeoGebra. *Edumatika: Jurnal Riset Pendidikan Matematika, 6*(1), 30–40. https://doi.org/10.32939/ejrpm.v6i1.1716

Morales Carballo, A., Damián Mojica, A., & Marmolejo Vega, J. E. (2022). Hypothetical learning trajectory for assimilating the articulated concepts of quadratic function and equation through variational ideas and the use of GeoGebra in pre-university

students. *International Electronic Journal of Mathematics Education, 17*(2), em0678. https://doi.org/10.29333/iejme/11714

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., … Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ, 372*, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Rolfes, T., Roth, J., & Schnotz, W. (2022). Mono- and multi-representational learning of the covariational aspect of functional thinking. *Journal for STEM Education Research, 5*(1), 1–27. https://doi.org/10.1007/s41979-021-00060-4

Saraiva Carneiro, F. de A., Cabrita, I., Neto, H. B., & Moreira Leite, E. A. (2024). GeoGebra en dispositivos móviles en la enseñanza y el aprendizaje de la geometría en la educación básica: Una revisión sistemática de la literatura. *UNIÓN – Revista Iberoamericana de Educación Matemática, 20*(72), 1–15. https://www.revistaunion.org.fespm.es/index.php/UNION/article/view/1620

Sebsibe, A. S., & Abdella, N. M. (2023). GeoGebra: A mediating artifact to minimize students' misconceptions in learning function concepts. *Dilla Journal of Education, 2*(2), 31–50. https://doi.org/10.20372/dje.v02i02.03

Sebsibe, A. S., & Abdella, N. M. (2025). The effect of GeoGebra integrated instruction on students' learning of the quadratic function concept. *F1000Research, 14*, 671. https://doi.org/10.12688/f1000research.163113.1

Sompakdee, J., Lertamornpong, C., & Ugsonkid, S. (2024). The effects of learning activities using inquiry and reflection with the GeoGebra on mathematical conceptual knowledge graph of quadratic function of ninth grade students. *Journal of Education and Innovation, 26*(2), 81–92. https://so06.tci-thaijo.org/index.php/edujournal_nu/article/view/263393

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

Weigand, H.-G., Trgalova, J., & Tabach, M. (2024). Mathematics teaching, learning, and assessment in the digital age. *ZDM – Mathematics Education, 56*, 525–541. https://doi.org/10.1007/s11858-024-01612-9

Yohannes, A., & Chen, H.-L. (2023). GeoGebra in mathematics education: A systematic review of journal articles published from 2010 to 2020. *Interactive Learning Environments, 31*(9), 5682–5697. https://doi.org/10.1080/10494820.2021.2016861