

Recopilado: 20-10-2025 | Aceptado: 17-05-2026 | Publicado: 20-06-2026

DESARROLLO DE HABILIDADES VISOESPACIALES EN LA ENSEÑANZA DE LA GEOMETRÍA TRIDIMENSIONAL: UNA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA (2021-2024)

DEVELOPMENT OF VISOSPATIAL SKILLS IN THE TEACHING OF THREE-DIMENSIONAL GEOMETRY: A LITERATURE REVIEW (2021-2024)

JORGE ANTONIO ASTUDILLO UGALDE

Universidad de Chile

Santiago, Chile

jorge.astudillo@usach.cl

ORCID: [0009-0007-5228-8922](https://orcid.org/0009-0007-5228-8922)

ESTUDIO

DANIELA SOTO SOTO

Universidad de Santiago de Chile

Santiago, Chile

daniela.soto.s@usach.cl

ORCID: [0000-0002-0730-8230](https://orcid.org/0000-0002-0730-8230)

Resumen

El objetivo de este artículo es presentar una revisión sistemática de las investigaciones recientes, publicadas entre 2021 y 2024, sobre el desarrollo de habilidades visoespaciales y la enseñanza de la geometría tridimensional. La metodología fue de corte cualitativo, y para ello se tomó como referencia las directrices internacionales de PRISMA 2020. Se analizó una muestra de 21 artículos de bases de datos indexadas como Scopus y Web of Science. Los resultados muestran tendencias sobre la ubicación geográfica, metodologías empleadas, distribución temporal y subcategorías temáticas. El análisis cualitativo permitió desarrollar una síntesis y clasificar las investigaciones de acuerdo con cinco categorías temáticas, entre ellas, investigaciones centradas en reconocer e identificar las habilidades visoespaciales

en estudiantes, trabajo con material concreto e investigaciones centradas en herramientas tecnológicas. La revisión pone de manifiesto la importancia que tienen las habilidades visoespaciales en la comprensión de la geometría tridimensional; sin embargo, también revela una escasa atención al papel que desempeñan estas capacidades en el quehacer docente y en los procesos de enseñanza. En este sentido, los resultados abren la necesidad de profundizar en el estudio de las características cognitivas del profesor de matemáticas, considerando que estas podrían incidir de manera directa en la calidad de la enseñanza geométrica.

Palabras clave: Revisión bibliográfica, habilidades visoespaciales, educación matemática, geometría tridimensional.

Abstract

The aim of this article is to present a systematic review of recent research, published between 2021 and 2024, on the development of visuospatial skills and the teaching of three-dimensional geometry. A qualitative methodology was employed, following the PRISMA 2020 international guidelines. A sample of 21 articles from indexed databases such as Scopus and Web of Science was analyzed. The results reveal trends regarding geographic location, methodologies used, temporal distribution, and thematic subcategories. The qualitative analysis allowed for the development of a synthesis and the classification of the research into five thematic categories, including studies focused on recognizing and identifying visuospatial skills in students, work with concrete materials, and research centered on technological tools. The review highlights the importance of visuospatial skills in understanding three-dimensional geometry; however, it also reveals a lack of attention to the role these abilities play in teaching practice and instructional processes. In this regard, the results highlight the need to further explore the cognitive characteristics of mathematics teachers, given that these could directly influence the quality of geometry instruction.

Keywords: Literature review, visuospatial skills, mathematics education, three-dimensional geometry.

1. Introducción

La enseñanza de la geometría a nivel mundial ha sufrido quiebres, los cuales hasta el día de hoy no se han superado por completo. Un ejemplo claro son las pa-

labras de Jean Dieudonné en el año 1959 durante el periodo de la reforma de las matemáticas modernas (Bkouche *et al.*, 1991), quien dijo que “si todo el programa tuviera que condensar en un solo eslogan, yo diría ¡abajo Euclides!”. Esta frase es una de las evidencias del cuestionamiento a los fundamentos tradicionales de la enseñanza geométrica (Bkouche *et al.*, 1991). Si bien la geometría tridimensional ha sido integrada progresivamente en los programas de estudios, la cual culmina con el programa de geometría 3D en el electivo de tercero y cuarto año de enseñanza media, esta integración curricular no garantiza por sí misma la comprensión de los conceptos asociados a la tridimensionalidad.

Desde una perspectiva cognitiva, la competencia espacial es un aspecto central de la adaptación humana ya que las personas codifican la ubicación de los objetos, cómo se orientan y navegan en el mundo, y cómo representan y manipulan mentalmente la información espacial (Newcombe y Huttenlocher, 2000). Sin embargo, diferentes investigaciones han documentado las dificultades que enfrentan estudiantes y docentes al momento de interiorizar significados en torno al espacio, las representaciones gráficas y los objetos geométricos. Por ejemplo, Astudillo-Ugalde *et al.* (2021) señalan que los estudiantes confunden el concepto de área con el de volumen, intentando replicar procesos bidimensionales en tareas tridimensionales. Por otro lado, Jones (2012) describe que existe una dificultad en la relación entre el razonamiento espacial y el razonamiento geométrico formal en los niños de primaria. En este sentido, señala que cuando los niños están aprendiendo sobre las figuras en 2D y 3D ocurren problemáticas como: generalizar insuficientemente al incluir características irrelevantes que inhiben la generalización; generalizar excesivamente al omitir propiedades clave, lo que resulta en una generalización demasiado amplia; y generar conceptos erróneos relacionados con el lenguaje (Jones, 2012).

Debido a estas problemáticas sobre la enseñanza de la geometría tridimensional, en los últimos años el interés por las habilidades visoespaciales se ha acrecentado, especialmente en el uso de representaciones concretas versus las representaciones geométricas planas y los recursos virtuales. Autores como Lowrie y Logan (2023) y Sorby (2009) señalan que este interés se vincula, entre otras cosas, con la relación de las habilidades visoespaciales y el éxito académico de los estudiantes en carreras relacionadas a las ciencias, en particular las ingenierías.

Pese al interés de la comunidad académica sobre las habilidades visoespaciales, al desarrollar una búsqueda de revisiones sistemáticas, no se observan estudios que proporcionen un panorama actualizado de dichas habilidades, lo cual permite orientar de mejor manera los futuros estudios respecto a las habilidades visoespa-

ciales y su relación con la enseñanza y el aprendizaje de la geometría. Según Ruiz (2022), las revisiones siguen siendo escasas en el ámbito de la educación matemática, lo que dificulta una comprensión global de los fenómenos de enseñanza y aprendizaje. Esto muestra la importancia de las revisiones sistemáticas y cómo estas constituyen una herramienta clave, ya que permiten analizar y sintetizar las tendencias teóricas y/o metodológicas sobre resultados de investigación publicados en bases de datos de alto impacto como Web of Science y Scopus (Llinares, 2008; Sanhueza y Sumonte, 2016).

Por lo anterior, el objetivo de este artículo es presentar una revisión sistemática de las investigaciones recientes, publicadas entre 2021 y 2024, sobre el desarrollo de habilidades visoespaciales y la enseñanza de la geometría tridimensional. Con ello se busca ofrecer una visión actualizada del estado de la investigación en el campo, identificar vacíos específicos vinculados a la formación de profesores y proponer orientaciones para futuras investigaciones.

2. Antecedentes

Los antecedentes de este trabajo permiten relevar la importancia de desarrollar un estudio sistemático sobre las últimas investigaciones en el ámbito de las habilidades visoespaciales. En primer lugar, es necesario dar cuenta de las dificultades en la enseñanza de la geometría, en particular de la geometría 3D en el contexto nacional chileno. En segundo lugar, el desarrollo de las habilidades visoespaciales en la comprensión de la matemática y, por último, los estudios sobre el profesor de matemáticas y el desarrollo de las habilidades visoespaciales.

2.1 Dificultades sobre la enseñanza y el aprendizaje de la geometría tridimensional

La enseñanza de la geometría ha enfrentado múltiples tensiones a lo largo de su historia (Guzmán, 1993; Jablonski y Ludwig, 2023; Vargas Herrera *et al.*, 2025). Durante décadas ha sido tratada de manera fragmentada, priorizando la memorización de fórmulas y un discurso escolar hegemónico centrado en el cálculo (Astudillo-Ugalde *et al.*, 2023). Este énfasis ha reforzado la idea de que el fin último del aprendizaje geométrico es alcanzar el rigor formal y deductivo, opacando la exploración inductiva, intuitiva y la comprensión visual a un segundo plano (Fabres Fernández, 2016; Jablonski y Ludwig, 2023).

Desde la matemática educativa, la perspectiva de paradigmas geométricos ha permitido diferenciar y evidenciar cómo existen distintas epistemologías del conocimiento geométrico. Houdement y Kuzniak (2006) distinguen tres tipos de paradigmas. El primero corresponde al *paradigma geométrico natural*, el cual privilegia la experiencia y la intuición. El segundo corresponde al *paradigma axiomático natural*, que introduce definiciones y propiedades estructuradas, pero aún mantiene un vínculo con lo concreto. Finalmente, el tercero corresponde al *paradigma axiomático formal*, que concibe la geometría desde lo riguroso, abstracto y formal del razonamiento matemático.

Al respecto, Henríquez-Rivas (2013) señala que un sujeto reflexiona y actúa en función a las creencias, técnicas y conocimientos geométricos que predominan en el paradigma en el que se sitúa. En otras palabras, la manera de desarrollar una actividad específica depende del encuadre conceptual y metodológico que reconoce como válido. De esta forma, tanto para el docente como para los estudiantes, la comprensión de qué es la geometría y cuál es su funcionalidad estará condicionada por el paradigma geométrico en el que se ha posicionado el discurso escolar de la geometría. Asimismo, Houdement y Kuzniak (2006), citados en Santacruz y Sacristán (2019), advierten que en la escuela pueden producirse “rupturas” entre la geometría natural y la geometría axiomática, especialmente cuando los significados atribuidos a nociones como prueba o demostración difieren entre profesor y estudiante.

Por otra parte, las investigaciones en el área de educación matemática identifican aproximaciones teóricas-metodológicas que permiten ir desarrollando una progresión entre las diferentes miradas de la geometría, como el marco de los niveles de razonamiento de Van Hiele (1986) que describe, desde un enfoque cognitivo didáctico, cómo el razonamiento de los estudiantes debe evolucionar desde la visualización y el análisis hacia la deducción informal, la deducción formal y finalmente el rigor. No obstante, al situarnos en el contexto escolar, el tránsito entre las distintas formas de validación, desde la visualización hasta el pensamiento deductivo formal, no siempre es progresivo. Distintas investigaciones señalan que la enseñanza de la geometría ha privilegiado históricamente al trabajo algebraico por encima de prácticas como la visualización, la modelación y la argumentación (Aravena y Caamaño, 2013).

Del mismo modo, Jones (2012) señala que la enseñanza de la geometría ha privilegiado históricamente el razonamiento deductivo sobre el desarrollo del razonamiento espacial, relegando las experiencias tridimensionales a un papel secunda-

rio y contribuyendo a la percepción de la geometría tridimensional (G3D) como un área menos rigurosa del currículo. Además, Cajaraville *et al.* (2006) evidencian que muchos estudiantes no logran relacionar lo conceptual con lo visual, y que las actividades geométricas se reducen a cálculos aritméticos mecánicos. De forma similar, Andrade y Montecino (2009) encontraron que la mayoría de los estudiantes permanecen anclados en un pensamiento bidimensional: no consiguen “abandonar el plano” ni intuir posibilidades en superficies esféricas, hallazgo que coincide con los obstáculos epistemológicos descritos por Brousseau (1986, como se citó en Andrade y Montecino, 2009).

En este sentido, desde la teoría de los niveles de razonamiento de Van Hiele, los primeros niveles son fundamentales de consolidar para el buen desarrollo del pensamiento lógico deductivo. Por tanto, el no desarrollar un trabajo profundo de visualización, específicamente que involucre experiencias concretas y las fases iniciales de análisis visual, puede traer tensiones y consecuencias a la integración de los significados geométricos. Con base en lo anterior, se identifica en el currículo chileno que la enseñanza de la geometría está presente desde 1° básico (NB1) hasta 4° medio (NM4) y forma parte del desarrollo del pensamiento matemático. Ahora bien, pese a la presencia de conceptos tridimensionales en los planes y programas, su desarrollo en el aula ha sido limitado, debido a un escaso énfasis en el razonamiento geométrico profundo. Al respecto, es importante señalar que en la reforma más reciente de los cursos electivos la geometría tridimensional tiene un rol protagónico con el fin de potenciar las habilidades visoespaciales y las áreas STEM, lo cual implica estrategias pedagógicas en donde se integre la manipulación concreta, la visualización mental y la formalización axiomática.

2.2 Visualización y habilidades espaciales en la comprensión matemática

Para esta investigación es importante destacar la relación entre la visualización y las habilidades visoespaciales. Duval (1999) indica que la capacidad de representar, transformar y coordinar diferentes registros de representación, como imágenes mentales, diagramas y expresiones simbólicas, es el núcleo mismo de la comprensión matemática; un núcleo que se encuentra en un estado crítico en la geometría tridimensional, ya que pasar de la lógica bidimensional a la tridimensional es un desafío cognitivo significativo.

Pese a que desde la investigación se tiene claridad sobre la importancia de la visualización en la comprensión de los objetos matemáticos, tal como lo demuestran diferentes marcos teóricos asociados a la geometría como espacios de trabajo

geométrico o niveles de razonamiento geométrico de Van Hiele, en la enseñanza tradicional persiste un enfoque centrado en tareas donde se prioriza el cálculo aritmético y aplicación de fórmulas, lo que limita la comprensión de las nociones geométricas y restringe el desarrollo de un pensamiento funcional conectado con la experiencia espacial del estudiante (Aparicio *et al.*, 2018). Respecto a ello, Arcavi (2003) señala lo siguiente:

Visualization is the ability, the process, and the product of the creation, interpretation, use of, and reflection upon pictures, images, diagrams, in our minds, on paper, or with technological tools, with the purpose of depicting and communicating information, thinking about and developing previously unknown ideas, and advancing understandings (p. 217).

Así como lo indica la cita anterior, dicha habilidad es fundamental para establecer conexiones entre el mundo físico y las representaciones abstractas, permitiendo al estudiante interpretar y generar modelos geométricos. Por otro lado, Juárez-Ruiz *et al.* (2022) señalan que las habilidades visoespaciales pueden clasificarse en cinco dimensiones principales. Estas corresponden, en primer lugar, a la *organización visual*, que consiste en identificar conceptos figurales planos y tridimensionales a partir de representaciones gráficas incompletas o parciales. En segundo lugar, se distingue la habilidad de *escaneo visual*, que se basa en reconocer propiedades de una figura tridimensional y describir un sólido a partir de una representación parcial. En tercer lugar, corresponde a la *generación de la imagen*, que consiste en producir representaciones gráficas de sólidos a partir de descripciones verbales o escritas. En cuarto lugar, se identifica la *reconstrucción visual*, que se basa en la capacidad de construir representaciones de conceptos tridimensionales siguiendo instrucciones textuales o modelos intermedios. Por último, en quinto lugar, se distingue la *manipulación de la imagen*, como la habilidad de generar representaciones dinámicas de sólidos de revolución o transformaciones a partir de figuras planas.

Estos autores distinguen, por una parte, habilidades de bajo nivel, las cuales permiten el desarrollo de configuraciones bidimensionales sin necesidad de transformaciones mentales, mientras que, por otra, distinguen habilidades de alto nivel, que implican visualizar configuraciones tridimensionales, rotarlas mentalmente y transformarlas para resolver problemas complejos (Juárez-Ruiz *et al.*, 2022). Asimismo, desde los trabajos desarrollados por Duval (1999), Arcavi (2003) y Juárez-Ruiz *et al.* (2022), se puede inferir que las habilidades visoespaciales son una base estructural que posibilita la visualización matemática. La visualización corresponde al proceso mediante el cual las habilidades visoespaciales se ponen en juego.

En los últimos años, diversas investigaciones han desarrollado estudios de las habilidades visoespaciales y su relación con la comprensión matemática y la geometría tridimensional. Sin embargo, estos estudios se encuentran distribuidos en la literatura reciente, sin una sistematización que permita comprender de manera integrada los enfoques, resultados y vacíos existentes. En este contexto, se justifica la realización de una revisión sistemática de investigaciones actualizadas que permita organizar y analizar la evidencia disponible sobre el desarrollo de habilidades visoespaciales en la enseñanza de la geometría.

2.3 Aportes recientes y relación con la formación del profesor

En el campo investigativo, diversos estudios han evidenciado la importancia de los recursos tecnológicos como herramientas fundamentales para desarrollar las habilidades visoespaciales en los estudiantes. En primera instancia, Ng, Shi y Ting (2020) demostraron en su trabajo que incorporar cuerpos tridimensionales favorece la diferenciación entre lo 2D y lo 3D y la adquisición de visoespaciales transitorias y permanentes. Así también, Juárez-Ruiz *et al.* (2022) dan cuenta que el uso de GeoGebra mejoró de manera significativa la generación y manipulación de imágenes mentales. Es una realidad que las habilidades visoespaciales pueden ser fortalecidas mediante intervenciones pedagógicas específicas, tales como el uso de materiales manipulativos, *software* de geometría dinámica y actividades prácticas orientadas a la exploración y visualización de objetos en el espacio (Clements y Battista, 1992; Jones y Tzekaki, 2016; Pumacallahui *et al.*, 2021; Aydemir *et al.*, 2023). De esta manera, el campo investigativo da cuenta de la importancia de las habilidades visoespaciales, siendo una estrategia didáctica clave para superar los desafíos de la enseñanza y aprendizaje de la geometría (Whiteley, 2019).

Ahora bien, el foco de estas investigaciones ha estado casi exclusivamente en los estudiantes, dejando un vacío crítico respecto al rol que las habilidades visoespaciales podrían desempeñar en los docentes. Uno de los pocos artículos que aborda esta relación es el de Fernández Blanco (2014), el cual analizó las habilidades visoespaciales en docentes en formación de distintas carreras de pedagogías, encontrando resultados muy bajos en habilidades visoespaciales de los profesores. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de desarrollar dichas habilidades durante la formación inicial de los profesores, más que asumir una relación automática con su capacidad para enseñar, la cual claramente presenta impedimentos, dado que los docentes poseen dificultades en su formación disciplinar, en la preparación de clases y en el diseño de evaluaciones relacionadas con la enseñanza de la geometría (Sitter, 2019; Wiese, 2016).

En el contexto chileno, los Estándares Disciplinarios para la Formación de Profesores de Matemática de Educación Media (CPEIP-Mineduc, 2021) establecen en el Estándar B de Geometría que el docente debe:

Comprender los elementos de la geometría sintética, analítica y vectorial para estudiar figuras del plano y del espacio y concebir estrategias de enseñanza que permitan a sus estudiantes construir, visualizar y transformar figuras 2D y 3D, tanto manual como digitalmente, promoviendo la formulación de conjeturas, la demostración de propiedades y la resolución de problemas (p. 83).

En el documento se puede ver el énfasis en la visualización y manipulación de figuras tridimensionales como base para el desarrollo de la geometría. Además, es importante destacar que al revisar los documentos ministeriales se puede observar que en ninguno de los actuales documentos pedagógicos oficiales se incorporan elementos relacionados con el desarrollo de habilidades visoespaciales (CPEIP, 2021; 2025; Ministerio de Educación de Chile, 2012).

Por último, cabe señalar que, en conjunto, las tensiones epistemológicas en la enseñanza de la geometría, las dificultades del desarrollo del pensamiento tridimensional y la escasa literatura sobre la articulación entre las habilidades visoespaciales y la formación del docente configuran una problemática no abordada en la literatura actualizada. Es decir, se considera que existe un vacío, pues, a pesar de los estudios aislados sobre visualización, el uso de la tecnología y el desempeño de los estudiantes, no se observa una sistematización actualizada que integre estos tres ejes en el marco de la geometría tridimensional. Así se justifica la realización de una revisión sistemática que permita dar a conocer los antecedentes de las publicaciones de los últimos años y que ayude a identificar las tendencias y enfoques, además de vislumbrar vacíos que orienten futuras líneas de investigación.

3. Metodología

El objetivo de este trabajo es realizar una revisión sistemática para conocer los antecedentes de las investigaciones sobre el desarrollo de habilidades visoespaciales y la enseñanza de la geometría tridimensional. Se consideran investigaciones publicadas entre 2021 y 2024 en las bases de datos Web of Science y Scopus. El enfoque metodológico es cuantitativo con un componente cualitativo (Creswell, 2014), bajo un diseño no experimental y descriptivo con una muestra no probabilística.

Para garantizar la transparencia y la replicabilidad del proceso, se tomaron como fundamento las directrices internacionales de PRISMA 2020 (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), que propone explicitar criterios de inclusión y exclusión, la estrategia de búsqueda y el diagrama de flujo de selección de estudios (Page *et al.*, 2021). Después de la selección de los artículos se desarrolló un análisis cualitativo de cada uno de los *papers* encontrados (Cardona, 2002), considerando las habilidades espaciales como foco transversal de la investigación.

La revisión se realizó a través de la técnica de análisis de contenido, la cual puede ser definida como el uso de un método replicable y válido para realizar inferencias específicas a partir del texto a otros estados o propiedades pertenecientes a la misma fuente (Krippendorff, 1969). Para llevar a cabo el proceso de análisis de la información se utilizaron buscadores inteligentes como Rayyan y las variantes estadísticas de Excel, lo que permitió conocer la tendencia cuantificada por año, distribución geográfica y tipo de metodología.

3.1 Criterios de búsqueda en las bases de datos

En primer lugar, se decidió realizar la búsqueda en bases de datos Web of Science y Scopus, pues estas se han convertido en un estándar para la evaluación de la producción científica debido a su rigurosa selección editorial, cobertura disciplinaria y capacidad para generar indicadores de impacto (Harzing y Van der Wal, 2008). A partir de lo anterior, se seleccionaron solo artículos de investigación y se descartaron otros instrumentos de información, dado que Harzing y Van der Wal (2008) señalan que en los primeros hay una mayor rigurosidad científica.

Para la identificación de artículos en las bases de datos Web of Science y Scopus, se emplearon palabras clave en español e inglés: “matemática educativa”, “geometría 3D”, “geometry 3D”, “math education” y “spatial abilities” (habilidades espaciales). Estos términos se combinaron mediante los operadores booleanos AND y OR, lo que permitió ampliar la búsqueda y captar investigaciones que incluyen uno o varios de los conceptos.

Respecto a lo anterior, en la figura 1 se muestra la ecuación para la búsqueda mediante el operador “y”, en donde no se encontraron resultados.

Figura 1. Búsqueda mediante operador “y”.

→ Cualquier campo contiene **3D geometry**
Y Cualquier campo contiene **math education**
Y Cualquier campo contiene **spatial abilities**

Fuente: elaboración propia.

Del mismo modo, en la figura 2 se muestra la ecuación para la búsqueda mediante el operador “o”, en donde se encontraron los 103 artículos.

Figura 2. Búsqueda mediante operador “o”.

→ Cualquier campo contiene **3D geometry**
→ o Cualquier campo contiene **math education**
→ o Cualquier campo contiene **spatial abilities**

Fuente: elaboración propia.

En lo que sigue, se describen los criterios de inclusión y exclusión considerados para esta revisión a partir de los hallazgos de búsqueda con los motores indicados.

3.2 Criterios de inclusión

Para la presente revisión sistemática se han considerado tres criterios de inclusión, que corresponden a la temática y los resultados de las investigaciones, contexto de los estudios e intervenciones pedagógicas o evaluativas. A continuación, se describe cada criterio en detalle.

- a. *Temática y resultados de las investigaciones:* se incluyen las investigaciones que aborden el desarrollo de habilidades visoespaciales y la enseñanza de la geometría tridimensional, entregando resultados que versen sobre el desempeño en el área matemática.

- b. *Contexto de las investigaciones*: se incluyen las investigaciones que aborden el desarrollo de habilidades visoespaciales y la enseñanza de la geometría tridimensional en contextos educativos, ya sea en educación escolar o en educación superior del área STEM.
- c. *Intervención pedagógica o evaluativa*: se incluyen las investigaciones que presenten estrategias, programas o recursos tecnológicos (VR, AR, videojuegos, makerspaces, LEGO®, SketchUp, GeoGebra, entre otros).

3.3 Criterios de exclusión

Los tres criterios de exclusión utilizados corresponden a temáticas diferentes a las especificadas, contextos de investigación disímiles y al carácter conceptual. A continuación, se describe cada criterio en detalle.

- a. *Temáticas diferentes a la especificada*: se excluyen las investigaciones que aborden temáticas a nivel cognitivo distintas al desarrollo de habilidades visoespaciales y a la geometría tridimensional.
- b. *Contextos de investigación disímiles*: se excluyen las investigaciones desarrolladas en contextos distintos a la educación escolar o a la educación superior STEM, tales como contextos laborales o carreras universitarias pertenecientes a otras disciplinas.
- c. *Carácter conceptual*: se excluyen las publicaciones de carácter conceptual en las que se discuten ideas o definiciones y que carecen de datos empíricos.

3.4 Proceso de selección de estudios

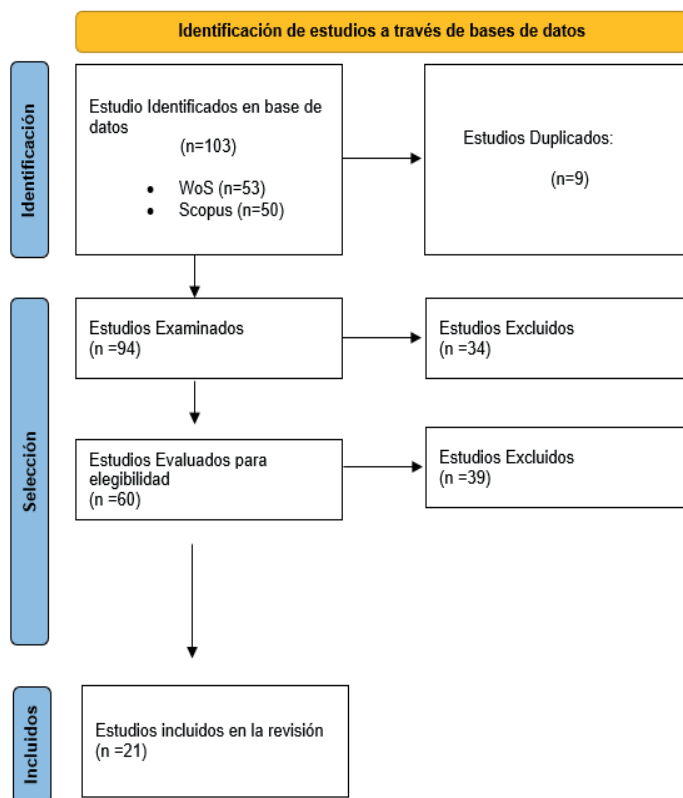
La selección de los 21 artículos se realizó en tres fases, las cuales corresponden a identificación, cribado y elegibilidad. Asimismo, se respetaron las directrices de PRISMA 2020 (Page *et al.*, 2021) y se aplicaron, de manera sistemática, los criterios de inclusión y exclusión definidos anteriormente. Para asegurar la consistencia en la toma de decisiones, se mantuvo registro detallado de los artículos excluidos y las razones en cada etapa. En los casos que surgieron dudas respecto a la pertinencia temática del estudio, se realizó una nueva revisión más exhaustiva del texto, con el fin de asegurar que la decisión fuese acorde con el objetivo de la revisión.

En una primera fase el rango temporal considerado fue de 2019 a 2024, dado que, según Snyder (2019), las tendencias en investigación y práctica pueden cambiar

en menos de una década, y 5 años es un tiempo pertinente para capturar tendencias actuales y vacíos de investigación. De lo anterior, se obtuvieron 103 artículos (53 en WoS y 50 en Scopus), de los cuales, tras eliminar 9 duplicados, quedaron 94 registros. Posteriormente, se acotó el rango a 2021-2024, lo que redujo la muestra a 60 artículos para revisión preliminar. El nuevo rango es consecuencia del contexto pospandemia, dado que desde el 2021 los sistemas educativos experimentaron transformaciones significativas en prácticas pedagógicas, uso de tecnologías digitales y modalidades de enseñanza, lo que impactó directamente en los enfoques metodológicos y teóricos de la investigación educativa (Pathiranage, 2023).

Por último, mediante el análisis cualitativo de todos los artículos preseleccionados en base a los criterios de búsqueda, de donde se obtuvieron un total de 60 artículos, se concluyó que 21 de ellos se categorizan dentro de los criterios establecidos para esta revisión. La figura 3 muestra el proceso de selección de los estudios descritos anteriormente.

Figura 3. Diagrama de flujo de selección de estudios bajo el modelo PRISMA 2020.



Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, en base al proceso de selección de los artículos, la presente revisión sistemática se realizó con 21 estudios empíricos sobre habilidades visoespaciales en la enseñanza de la geometría tridimensional.

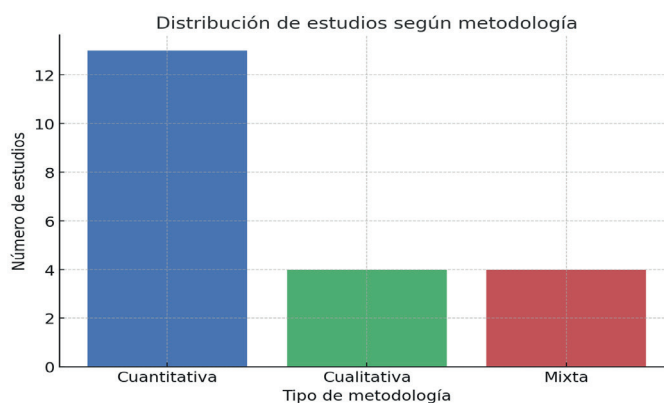
3.5 Evaluación de calidad y riesgo de sesgo

Dado que el propósito de esta revisión sistemática es conocer los antecedentes de las investigaciones sobre el desarrollo de habilidades visoespaciales y la enseñanza de la geometría tridimensional, no se realizó una evaluación formal del sesgo mediante escalas estandarizadas. El enfoque adoptado corresponde a una revisión sistemática de características descriptivas exploratorias, orientada a la caracterización de un estado del arte más que a una estimación comparativa de efectos entre estudios. Es de destacar que durante el análisis se consideraron aspectos como claridad metodológica, coherencia entre objetivos, resultados y procedimientos, con el fin de garantizar la certeza de las evidencias presentadas.

4. Resultados

Los resultados de la presente revisión sistemática serán reportados indicando la distribución de las investigaciones según su metodología, ubicación geográfica y año de publicación identificadas en el análisis de los 21 artículos seleccionados desde las bases de datos Scopus y Web of Science. A continuación, el gráfico 1 muestra la distribución de los estudios según las metodologías reportadas por sus investigadores.

Gráfico 1. Distribución de las investigaciones seleccionadas según metodología.

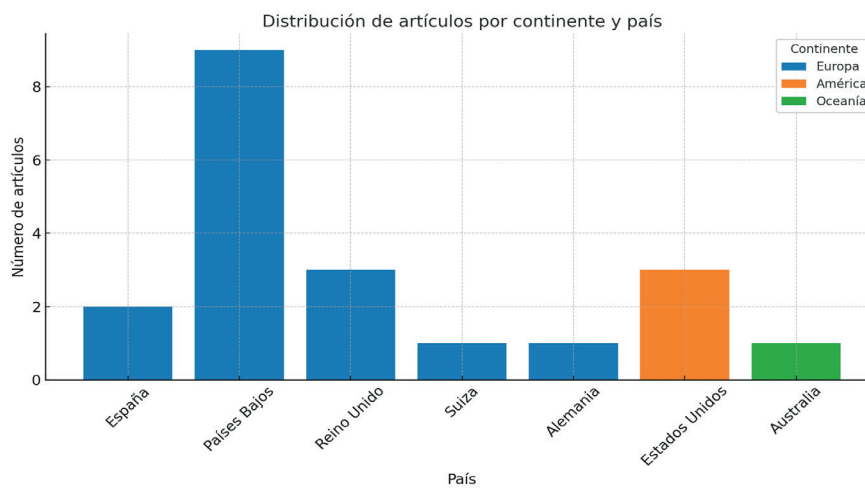


Fuente: elaboración propia.

Como se presenta en el gráfico 1, la distribución de los estudios según metodología muestra un predominio claro de enfoques cuantitativos (61,9%, 13 de 21), mientras que los enfoques cualitativos y mixtos representan cada uno el 19,0% (4 de 21). Este resultado sugiere que la investigación sobre habilidades visoespaciales en geometría tridimensional se centra en la medición y el análisis estadístico por sobre las aproximaciones interpretativas o integradas.

Seguidamente, el gráfico 2 muestra la distribución de las investigaciones según la ubicación geográfica desde las cuales se reportan los estudios analizados.

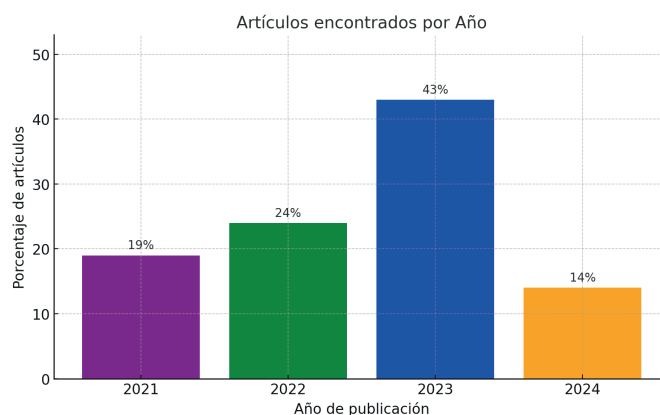
Gráfico 2. Distribución geográfica de las investigaciones seleccionadas.



Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en el gráfico, la mayor concentración de los estudios se encuentra en Europa, seguido por América del Norte y, luego, por el continente Oceánico. No se identificaron investigaciones en África, América Central y América del Sur, lo que evidencia una brecha geográfica significativa.

Gráfico 3. Distribución de los artículos seleccionados según su año de publicación.



Fuente: elaboración propia.

El análisis por año de publicación evidencia un crecimiento progresivo en la producción científica entre 2021 y 2023, concentrándose la mayor proporción de estudios en 2023 (43%). Este comportamiento puede interpretarse a la luz del contexto posterior a la pandemia, periodo en el que la enseñanza de la matemática intensificó el uso de recursos digitales y entornos virtuales (Pathiranage, 2023). En este marco, se observa un mayor interés por investigaciones que incorporan realidad aumentada, realidad virtual y distintos *software* educativos orientados al fortalecimiento de las habilidades visoespaciales. La disminución registrada en 2024 (14%) probablemente responde a una estabilización pospandemia.

5. Descripción de las investigaciones

En esta sección se describirán a grandes rasgos los objetivos de estudio, metodologías y resultados principales de cada investigación seleccionada, con el fin de encontrar similitudes y focos relevantes de análisis, lo cual permitirá definir una posible línea de trabajo respecto a las habilidades visoespaciales, geometría tridimensional y educación.

Dentro de los artículos analizados se encuentra el estudio desarrollado por Moral-Sánchez *et al.* (2023), quienes implementan un conjunto de actividades sobre poliedros con estudiantes de tercero de educación secundaria (14-16 años) para fomentar el desarrollo de habilidades espaciales, combinando entornos inmersivos de realidad virtual y actividades manipulativas. El análisis muestra evidencias de

mejora en las habilidades espaciales y en la corrección de los errores geométricos después de las actividades, especialmente cuando se utilizó realidad virtual.

Seguidamente, se identifica el estudio de Carbonell-Carrera *et al.* (2021), quienes analizan cómo un taller basado en el juego Minecraft, que utiliza construcciones por bloques, puede entrenar y mejorar las habilidades espaciales de los estudiantes. Se destaca la capacidad del videojuego para fomentar la rotación mental, una competencia clave para geometría y áreas STEM. Se realizó un estudio con un diseño pre y posttest con comparación de grupos (taller de Minecraft vs. grupo control), en donde el grupo al que se le aplicó el taller Minecraft mejoró significativamente sus puntajes de rotación mental del pre al posttest; el grupo control no mostró mejoras.

Asimismo, la investigación reportada por McDougal *et al.* (2024) evalúa si un programa de entrenamiento con LEGO, en formato físico o digital, podría producir mejoras tanto en habilidades espaciales como matemáticas (aritmética, geometría y rendimiento general en matemáticas). La intervención es efectiva para mejorar la habilidad específica de construcción, no obstante, el impacto sobre habilidades espaciales y matemáticas más amplias es limitado, salvo una posible mejora en aritmética con LEGO digital.

Luego, se encuentra el estudio de Abdullah *et al.* (2022) donde se desarrolla una estrategia de enseñanza en geometría 3D usando el *software* geométrico 3D SketchUp Make, denominada SPPD-SUM, y que se apoya en el modelo ADDIE de diseño instruccional. Además, busca evaluar el impacto de SPPD-SUM en las habilidades visoespaciales de los estudiantes. Se realizó un estudio a 34 estudiantes de secundaria, mediante una evaluación cuasi experimental, donde se realizó pre y posttest de habilidades visoespaciales y razonamiento geométrico. Como resultado, se observó una mejora significativa en las habilidades visoespaciales después de la implementación de SPPD-SUM.

También el estudio desarrollado por Maresch *et al.* (2023) analiza si existen diferencias de género y edad en el desempeño de diversas habilidades espaciales. Todo esto a partir de una muestra obtenida de una plataforma en línea gratuita para entrenar y diagnosticar habilidades de pensamiento espacial. Los estudiantes tienen entre 12 y 27 años. Los resultados indican un rendimiento similar entre géneros en la mayoría de las habilidades, no obstante, existe una leve ventaja masculina en rotación mental durante la adolescencia; esta desventaja disminuye con la edad,

puesto que las habilidades espaciales mejoran con el crecimiento y no se limitan a una predisposición innata.

Sumado a ello, la investigación de Singh *et al.* (2023) analiza el desempeño de Hyperspace. Esta aplicación de realidad aumentada puede funcionar como una herramienta para desarrollar habilidades visoespaciales en estudiantes de ingeniería en el área de trigonometría. El estudio se desarrolló sobre una metodología cuantitativa y una muestra de 127 estudiantes, divididos en dos grupos: uno recibió clases tradicionales y el otro utilizó la aplicación para desarrollar las mismas habilidades. Se evidenció que el uso de Hyperspace AR produjo mejoras significativas en las habilidades visoespaciales y en la comprensión de la trigonometría en aquellos que participaron de la intervención. En contraste con quienes recibieron clases tradicionales, el grupo experimental alcanzó un desempeño superior. En particular, la naturaleza interactiva y manipulable de Hyperspace AR favoreció la visualización tridimensional y la comprensión conceptual de trigonometría.

Velázquez y Méndez (2021), en tanto, realizan una revisión sistemática a 17 estudios, que recopila y sintetiza literatura sobre el uso de realidad aumentada para el desarrollo de habilidades espaciales en estudiantes de secundaria y educación superior, en áreas STEM. Aquí, se comprobó una mejora en dichas habilidades tras la implementación de realidad aumentada, es decir, su uso se asoció de manera consistente con un impacto positivo.

Asimismo, el estudio de Thom y Hallenbeck (2021) explora cómo los estudiantes sordos o con hipoacusia (DHH) desarrollan el razonamiento espacial en matemáticas desde la perspectiva de la cognición incorporada, esto es, cómo los gestos, movimientos y acciones corporales participan en su comprensión de conceptos geométricos. Los niños DHH utilizaron estrategias no verbales, como una forma efectiva para la comprensión matemática, es decir, el uso de gestos y acciones físicas en tareas geométricas demuestra que el razonamiento espacial es activo, corporal y útil para la enseñanza inclusiva.

Por otra parte, Fowler *et al.* (2024) analizan la aplicación de un programa digital STEM, el cual busca desarrollar el razonamiento espacial. Desde una metodología mixta se realizaron entre 4 y 5 actividades digitales durante una semana en un grupo de 107 estudiantes de 7° de primaria. Se evaluó el desarrollo del razonamiento espacial antes y después de la intervención. Al comparar los resultados —previa y posteriormente— se evidencia que la semana de actividades de aprendizaje influ-

yó en las actitudes hacia los STEM y tuvo un impacto positivo en las habilidades espaciales a nivel general. Sin embargo, no se registran mejoras significativas en lo referido a las subhabilidades espaciales.

En la misma línea, Adams *et al.* (2023) exploran cómo una intervención enfocada en el razonamiento espacial influye en dichas habilidades y en los niveles de logro de 73 estudiantes de 11 años. El estudio se realiza a través de una metodología cuantitativa de pre y posttest. Luego de la intervención se observaron mejoras en el razonamiento espacial, habilidades de medición y niveles de desempeño en geometría. Sin embargo, no se identificaron avances significativos en números, ni álgebra.

Desde otra perspectiva, el estudio desarrollado por Patahuddin *et al.* (2022) explora cómo interviene la visualización espacial de profesores en formación, que intentan resolver tareas matemáticas escolares relacionadas con el razonamiento de medición. La incapacidad de los docentes para visualizar las tareas espaciales condujo a soluciones equivocadas, incluso cuando los estudiantes contaban con el conocimiento conceptual adecuado. Por otra parte, se observó que el uso excesivo de fórmulas, sin la comprensión espacial, tiende a suprimir el procesamiento visual inicial, generando errores.

Seguidamente, la investigación realizada por Bicer *et al.* (2023) determina la relación entre las habilidades visoespaciales de profesores en formación y su creatividad matemática, lo cual es medido por tareas de planteamiento de problemas. Se realizaron test de habilidades visoespaciales y creatividad matemática a 62 profesores en formación, en donde se buscó la correlación de ambas variables mediante Pearson. Los resultados de este trabajo indican que las habilidades visoespaciales de los sujetos están vinculadas con aspectos constructivos de la creatividad matemática, como la fluidez y flexibilidad.

Asimismo, el estudio de Wu y Chang (2023) desarrolla y evalúa un sistema de evaluación dinámica adaptativa para el aprendizaje de geometría espacial, que integra un componente de diagnóstico cognitivo. El diseño fue cuasi experimental con dos grupos de un total de 116 estudiantes de secundaria, en donde el experimental utiliza el sistema adaptativo, mientras que el de control no lo emplea. Los resultados indican que integrar un diagnóstico cognitivo dentro de un sistema de evaluación dinámica y adaptativa mejora significativamente tanto el rendimiento como la eficiencia en el aprendizaje de geometría espacial, en contraste con la no adaptativa.

Por otra parte, la investigación desarrollada por Yu *et al.* (2022) determina si la capacidad de procesamiento espacial predice el rendimiento en resolución de problemas matemáticos y geométricos. El estudio concluye que el procesamiento espacial es un predictor significativo respecto a la resolución de problemas matemáticos y geométricos en estudiantes universitarios, no obstante, el razonamiento lógico no es un predictor en cuanto al desempeño matemático.

En continuidad con los trabajos antes mencionados, pero en otro contexto, la investigación de Pérez-Fabello y Campos (2023) permite determinar la relación entre las habilidades visoespaciales y su creatividad. Este estudio se realizó a estudiantes de bellas artes, en donde se concluyó que las habilidades visoespaciales tienen relación con tareas visuales artísticas complejas, como identificar elementos geométricos en obras pictóricas sofisticadas.

En otro contexto, el estudio realizado por Gold *et al.* (2021) busca comprender la relación entre el juego de ingeniería de bloques de madera y las habilidades de razonamiento espacial y matemático. Aquí, participaron 110 niños preescolares de una edad promedio de 58.5 meses, en donde el 44% son niñas y el 25% presentaba discapacidad, todos ubicados en EE. UU. Como resultados principales, la rotación horizontal espacial presentó una asociación positiva y significativa con el juego de ingeniería, con un coeficiente estimado de $\beta = 0.19$; en el rendimiento en geometría, los niños con discapacidad presentaron una asociación aún más fuerte, con $\beta = 0.28$.

Además, el estudio desarrollado por Harris *et al.* (2023) explora cómo las habilidades de visualización espacial influyen en la resolución de problemas del área geométrica en estudiantes de secundaria. Para ello, se realizaron análisis cualitativo y cuantitativo, el cual se enfocó en cómo los estudiantes de secundaria resuelven problemas de área en contextos métricos (con unidades) y no métricos (sin unidades). Los resultados indicaron que aquellos que tenían altas habilidades visoespaciales tuvieron una mayor comprensión conceptual y resolvían los problemas con mayor facilidad.

En un contexto educativo similar, Hanid *et al.* (2022) evalúan el efecto de una aplicación de realidad aumentada para el desarrollo del pensamiento computacional y la enseñanza de la geometría. El estudio cuasiexperimental de pre y postest se llevó a cabo en 62 estudiantes de secundaria. Los resultados demostraron un desarrollo significativo en el pensamiento computacional, las habilidades de visualización espacial y el logro académico en geometría.

Asimismo, el estudio de Koparan *et al.* (2023) diseña y desarrolla una herramienta didáctica basada en realidad aumentada, la cual se enfocó en mejorar las habilidades espaciales de estudiantes de secundaria, utilizando dispositivos móviles. Este trabajo es del tipo cualitativo, que emplea un estudio de casos, en donde se utilizan pruebas de logro, cuestionarios y entrevistas. Los resultados indicaron una alta aceptación del recurso de realidad aumentada y mejoras significativas en el aprendizaje geométrico.

En otro nivel educativo, el estudio realizado por Tam y Chan (2022) analiza la relación entre los subdominios de las habilidades visoespaciales con el rendimiento matemático en estudiantes de 1º de primaria. Los resultados indican una conexión entre los subdominios de las habilidades visoespaciales y el rendimiento matemático en los estudiantes, con una variabilidad entre un 12,6% y un 25,7%.

Finalmente, la investigación de Juárez-Ruiz *et al.* (2022) identifica el desarrollo de habilidades visuales espaciales, tales como la organización y escaneo visual, y la reconstrucción, generación y manipulación de imagen. La investigación desarrolló una metodología mixta con pre y posttest, y un diseño de triangulación aplicado a 33 estudiantes en el contexto de un curso de cálculo integral. Los resultados demostraron una mejora significativa en las habilidades visuales, sin embargo, el cálculo de volumen implica otras conversiones para determinar la expresión correcta.

6. Focos de investigación

En la presente revisión sistemática se establecen 5 focos de estudio, los cuales funcionan como ejes para organizar los artículos y sus respectivos aportes a la temática de las habilidades visoespaciales (HVE) y la enseñanza de la geometría tridimensional. A continuación, en la tabla 1 se especifican las categorías identificadas.

Tabla 1. Descripción de las categorías sobre los focos de estudio de las investigaciones analizadas.

Código	Descripción
C1	Desarrollo de habilidades espaciales a través de recursos tecnológicos y/o de aprendizajes: son investigaciones que se centran en medir o analizar la relación entre el desarrollo de HVE y el uso de recursos tecnológicos o de aprendizaje, en donde la matemática no es un eje a medir, por ejemplo, el uso de bloques de construcción o juegos de computadora.

Código	Descripción
C2	Desarrollo de habilidades espaciales para la enseñanza de la geometría tridimensional: son investigaciones que relacionan el desarrollo de HVE con el aprendizaje específico de geometría tridimensional.
C3	Desarrollo de habilidades espaciales para la mejora en la comprensión de conceptos matemáticos: esta categoría es similar a la anterior, no obstante, su relación no va enfocada en el rendimiento de la geometría, sino que en otros tópicos de la matemática como, por ejemplo, el álgebra.
C4	Revisiones sistemáticas sobre habilidades visoespaciales.
C5	Desarrollo de habilidades visoespaciales a través de áreas no matemáticas: estas investigaciones apuntan a la relación de las HVE con áreas como el arte y la creatividad.

Fuente: elaboración propia.

En consideración a las categorías descritas anteriormente, la siguiente tabla 2 presenta la clasificación de los 21 artículos analizados para esta revisión sistemática y su pertenencia a cada una de las cinco categorías, según su foco de estudio.

Tabla 2. Clasificación de los artículos según las categorías de análisis por foco de estudio.

Autor	Título	Criterio
Fowler <i>et al.</i> (2024)	GeoSolvAR: Scaffolding spatial perspective-taking ability of middle-school students using AR-enhanced inquiry learning environment	C1
McDougal <i>et al.</i> (2024)	Asociaciones y efectos indirectos entre la construcción LEGO® y el desempeño en matemáticas	C1
Adams <i>et al.</i> (2023)	Supporting senior high-school students' measurement and geometry performance: Does spatial training transfer to mathematics achievement?	C2
Bicer <i>et al.</i> (2023)	The relationship between pre-service teachers' spatial thinking ability and their mathematical creativity in the context of problems posing	C3
Harris <i>et al.</i> (2023)	Spatial visualization and measurement of area: A case study in spatialized mathematics instruction	C2
Juárez-Ruiz <i>et al.</i> (2022)	Identificación del desarrollo de habilidades visuales espaciales en representaciones y conversión entre registros para calcular volúmenes	C1
Moral-Sánchez <i>et al.</i> (2023)	Using Virtual Reality in Geometry for the development of spatial skills	C1

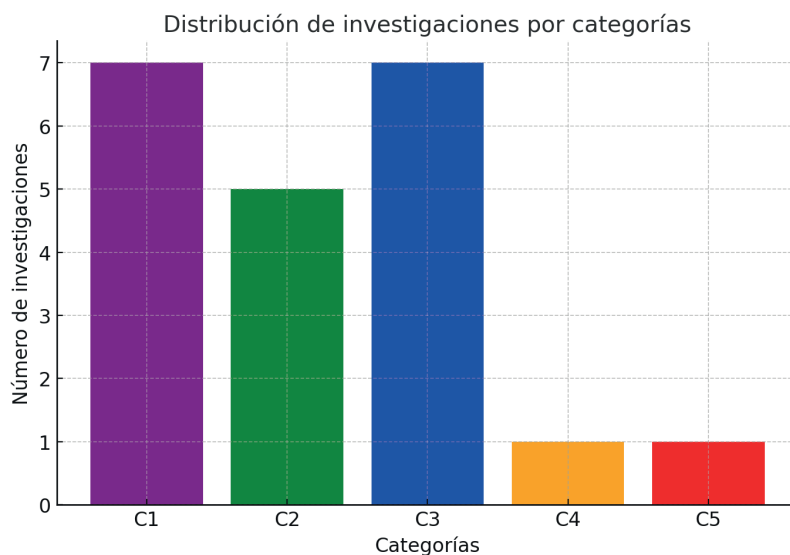
Autor	Título	Criterio
Maresch et al. (2023)	Fostering spatial ability development in and for authentic STEM learning	C3
Pérez-Fabello y Campos (2023)	Influence of spatial imagery and imagery control on geometric form location in paintings	C5
Singh et al. (2023)	Hyperspace AR: an augmented reality application to enhance spatial skills and conceptual knowledge of students in trigonometry	C3
Wu y Chang (2023)	Effect of embedding a cognitive diagnosis into the adaptive dynamic assessment of spatial geometry learning	C2
Abdullah et al. (2022)	DOES Sketchup Make Improve Students' Visual-Spatial Skills?	C1
Hanid et al. (2022)	Effects of augmented reality application integration with computational thinking in geometry topics	C2
Koparan et al. (2023)	Integrating augmented reality into mathematics teaching and learning and examining its effectiveness	C2
Patahuddin et al. (2022)	Subtleties in spatial visualization maneuvers: Insights into numerical solutions	C3
Tam y Chan (2022)	The differential relations between sub-domains of spatial abilities and mathematical performance in children	C3
Yu et al. (2022)	Spatial processing rather than logical reasoning was found to be critical for mathematical problem-solving	C3
Carbonell-Carrera et al. (2021)	Minecraft como método de construcción con bloques para desarrollar habilidades espaciales	C1
Gold et al. (2021)	Engineering Play, Mathematics, and Spatial Skills in Children with and without Disabilities	C1
Thom y Hallenbeck (2021)	Beyond Words/Signs: DHH Learners' Spatial Reasoning in Mathematics as Embodied Cognition	C3
Velázquez y Méndez (2021)	Systematic Review of the Development of Spatial Intelligence through Augmented Reality in STEM Knowledge Areas	C4

Fuente: elaboración propia.

A partir de la clasificación anterior, se ha analizado cuál es la cantidad que corresponde a cada una de las categorías de acuerdo a su foco de estudio. En lo que sigue,

en el gráfico 4 muestra la distribución de los artículos dentro de las cinco categorías según corresponde a su clasificación.

Gráfico 4. Gráfico de barras que muestra la distribución de las investigaciones según criterios.



Fuente: elaboración propia.

Como se observa, existe una mayor frecuencia en estudios que apuntan a la relación entre el desarrollo de habilidades espaciales y la mejora en la comprensión de conceptos matemáticos. Esto contribuye a la discusión, dado que el desarrollo de habilidades visoespaciales se plantea como una solución para la enseñanza de las matemáticas, proporcionando así una base teórica robusta.

Así también, el desarrollo de habilidades espaciales a través de recursos tecnológicos y/o de aprendizajes presentan una alta frecuencia, donde la realidad aumentada y los *software* educativos son las herramientas de mayor aplicación e interés. Esta tendencia puede comprenderse como una consecuencia del proceso de transformación digital acelerado durante la pandemia, periodo en el cual la enseñanza se vio obligada a incorporar de manera intensiva tecnologías digitales.

Finalmente, se advierte en menor medida el desarrollo de habilidades visoespaciales para la enseñanza de la geometría 3D, en específico el cálculo de volumen. Al respecto, surge la interrogante sobre una posible relación de la enseñanza de la geometría 3D, en particular el cálculo de volumen, con el desarrollo de habilidades espaciales. Por lo tanto, existe un campo fértil para investigar en esta área.

7. Discusión

Los resultados de esta revisión muestran que, entre 2021 y 2024, las investigaciones sobre habilidades visoespaciales y geometría tridimensional han tenido principalmente tres focos: el desarrollo de habilidades espaciales mediante recursos tecnológicos, la relación entre habilidades espaciales y rendimiento matemático y las intervenciones didácticas orientadas a observar el desarrollo de HVE en estudiantes. Más del 50% de los estudios analizados adoptó enfoques cuantitativos y se centró en medir mejoras en el rendimiento luego de aplicar programas específicos, especialmente apoyados en realidad aumentada, realidad virtual, *software* dinámico o construcción con materiales concretos.

Asimismo, una parte de los trabajos establece asociaciones positivas entre el desarrollo de habilidades visoespaciales y la comprensión de conceptos geométricos o matemáticos más amplios. Estos hallazgos refuerzan la idea de que la visualización, la rotación mental y la manipulación de representaciones no son habilidades periféricas, sino componentes relevantes en el aprendizaje de las matemáticas, en particular de la geometría tridimensional.

Sin embargo, el análisis de los estudios seleccionados permitió identificar un vacío de conocimiento, donde el foco está centrado exclusivamente en los estudiantes. Las habilidades visoespaciales son tratadas como un objetivo formativo o como un resultado de intervenciones, pero no se examina el papel que estas habilidades podrían desempeñar en los docentes. En otras palabras, se estudia cómo desarrollar habilidades espaciales en quienes aprenden geometría, pero no cómo estas influyen en quienes la enseñan.

Este vacío resulta significativo si se considera que enseñar geometría tridimensional implica mucho más que dominar fórmulas o definiciones (Astudillo-Ugalde *et al.*, 2023). El docente debe construir explicaciones que articulen lo visual con lo simbólico, generar representaciones claras, anticipar errores frecuentes vinculados a la percepción espacial y guiar a los estudiantes en la transición entre el plano bidimensional y el espacio tridimensional (Arcavi, 2003; Bishop, 1989; Duval, 2004; Freudenthal, 1983; McDougal *et al.*, 2024; Yu *et al.*, 2022). Todas estas acciones suponen el manejo de habilidades visoespaciales propias; si estas son relevantes para aprender geometría, es razonable plantear que también podrían ser importantes para enseñarla.

Otro aspecto clave es la distribución geográfica de los estudios, que corresponde mayoritariamente a países de Europa, América del Norte y algunos de Asia y Oceanía, sin presencia de investigaciones latinoamericanas en bases indexadas durante el periodo analizado. Esta ausencia no solo muestra una brecha en la producción científica, sino que también limita la comprensión del fenómeno en contextos educativos con características curriculares y formativas distintas. En este sentido, es relevante para una proyección de la investigación preguntarse cómo ha impactado el desarrollo de estas habilidades en los nuevos programas de geometría tridimensional en Chile.

De acuerdo con lo expuesto, se abre además una línea investigativa coherente con los vacíos detectados. Si la evidencia internacional ha mostrado que las HVE se asocian al desempeño matemático de los estudiantes, entonces es lógico preguntar cómo se relacionan las habilidades visoespaciales de profesores de matemáticas con su capacidad para enseñar conceptos geométricos. Responder a esta interrogante implica desplazar el foco desde la intervención en el aula hacia el perfil cognitivo del profesor como variable explicativa del proceso educativo.

8. Conclusión

La presente revisión permitió constatar avances importantes en el estudio de las habilidades visoespaciales y su contribución al aprendizaje de la geometría tridimensional, particularmente en términos de su medición y en el desarrollo de herramientas e intervenciones para potenciarlas; sin embargo, también se identifican vacíos relevantes en relación con tres aspectos destacables, como la ubicación geográfica de donde provienen los estudios, los enfoques desde los cuales se investigan estas habilidades y el rol que ocupan los docentes en su enseñanza.

Sobre el primer punto, que corresponde a la *ubicación geográfica de donde provienen los estudios*, se observa que la presencia de investigaciones latinoamericanas es baja en el periodo analizado. Esta brecha representa la limitada comprensión del desarrollo de las habilidades visoespaciales en sistemas educativos específicos de América Latina con sus contextos curriculares y progresiones de aprendizaje específicas.

Respecto al segundo aspecto, descrito como *enfoques desde los cuales se investigan estas habilidades*, se ha identificado que son principalmente cognitivos y tecnológicos. Los estudios no muestran con claridad desde qué paradigmas geomé-

tricos se desarrollan estas habilidades, ni cómo dichas epistemologías condicionan la manera en que se visualiza, representa y valida el conocimiento geométrico.

En cuanto al tercer aspecto, que corresponde al *rol que ocupan los docentes*, la evidencia disponible confirma su importancia en el rendimiento estudiantil, pero aún no aborda con suficiente profundidad su posible incidencia en la enseñanza. En este último punto, resulta pertinente llamar la atención sobre un dato nacional. En la línea de la enseñanza de la geometría tridimensional, los resultados de la Evaluación Nacional Diagnóstica de la Formación Inicial Docente reportan que el porcentaje de respuestas correctas en la sección “Geometría” fue significativamente inferior al de otras áreas temáticas (Agencia de Calidad de la Educación, 2024), en concreto, el porcentaje de respuestas correctas en álgebra fue de un 59%, mientras que en el caso de geometría solo alcanzó el 39%.

A partir de lo anterior, ampliar la investigación hacia el análisis de las habilidades visoespaciales como parte del conocimiento profesional del profesor de matemáticas representa un paso necesario para comprender mejor los aspectos cognitivos que sustentan la enseñanza de la geometría tridimensional. Esta perspectiva no solo enriquece el debate teórico en educación matemática, sino que también ofrece orientaciones pertinentes para fortalecer la formación inicial y continua docentes, además de aportar a la problemática de la enseñanza y aprendizaje de la geometría en el contexto chileno.

9. Agradecimientos

Los autores agradecen sinceramente a la Fundación María Ghilardi Venegas por el apoyo brindado al desarrollo de esta revisión bibliográfica sobre habilidades visoespaciales y su relación con la educación matemática. Su patrocinio ha contribuido significativamente al fortalecimiento de investigaciones orientadas a comprender los procesos cognitivos involucrados en la enseñanza y el aprendizaje.

10. Referencias bibliográficas

Abdullah, A. H., Abd Wahab, R., Mokhtar, M., Atan, N. A., Abd Halim, N. D., Surif, J. y Abd Rahman, S. N. S. (2022). Does SketchUp Make improve students' visual-spatial skills? *IEEE Access*, 10, 13936-13953. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3147476>

- Adams, J., Resnick, I. y Lowrie, T. (2023). Supporting senior high-school students' measurement and geometry performance: Does spatial training transfer to mathematics achievement? *Mathematics Education Research Journal*, 35(4), 879-900. <https://doi.org/10.1007/s13394-022-00416-y>
- Agencia de Calidad de la Educación. (2024, 6 de noviembre). Inicio. <https://www.agenciaeducacion.cl/>
- Aparicio, E., Sosa, L., Torres, L. y Gómez, K. (2018). *Reconceptualización del saber matemático en educación básica*. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Arcavi, A. (2003). The role of visual representations in the learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 52, 215-241. <https://doi.org/10.1023/A:1024312321077>
- Andrade, M. y Montecino, A. (2009). *La problemática de la tridimensionalidad y su representación en el plano: Antecedentes para una propuesta centrada en el aprendizaje reflexivo* (Tesis de licenciatura no publicada). Universidad Católica Silva Henríquez.
- Astudillo-Ugalde, J., Soto, D. S. y Abarca, G. B. (2021). Aplicación de una situación didáctica para la enseñanza del cálculo de volumen construida mediante la teoría del Espacio de Trabajo Geométrico. *REDIME*, 18(3), 2-11. <https://funes.uniandes.edu.co/funes-documents/aplicacion-de-una-situacion-didactica-para-la-ensenanza-del-calculo-de-volumen-construida-mediante-la-teoria-espacio-de-trabajo-geometrico/>
- Astudillo-Ugalde, J., Soto, D. S. y Bobadilla Abarca, G. (2023). La resignificación del discurso matemático escolar: Una mirada al volumen desde la teoría socioepistemológica. *UCMaule*, 64, 39-65. <https://doi.org/10.29035/ucmaule.64.39>
- Aravena, M. y Caamaño, C. (2013). Niveles de razonamiento geométrico en estudiantes de establecimientos municipalizados de la Región del Maule. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 16(2), 139-178. <https://doi.org/10.12802/relime.13.1621>
- Aydemir, G., Orbay, K. y Orbay, M. (2023). A bibliometric analysis of geometry education research based on Web of Science Core Collection database. *Shanlax International Journal of Education*, 11(2), 1-9. <https://doi.org/10.34293/education.v11i2.4483>
- Bicer, A., Chamberlin, S. A., Matute, K., Jackson, T. y Krall, G. (2023). The relationship between pre-service teachers' spatial thinking ability and their mathematical creativity in the context of problem posing. *Research in Mathematics Education*, 26(3), 544-568. <https://doi.org/10.1080/14794802.2023.2201619>
- Bishop, A. J. (1989). Review of research on visualization in mathematics education. *Focus on Learning Problems in Mathematics*, 11(1), 7-16. <https://eric.ed.gov/?id=EJ389502>
- Bkouche, R., Charlot, B. y Rouche, N. (1991). *Faire des mathématiques: Le plaisir du sens*. Armand Colin.
- Brousseau, G. (1986). *Theory of didactical situations in mathematics*. Kluwer.
- Cajaraville, J., Fernández, T. y Godino, J. (2006). Configuraciones epistémicas y cognitivas en tareas de visualización y razonamiento espacial. En P. Bolea, M. Camacho, P. Flores,

- B. Gómez, J. Murillo y M. T. González (eds.), *Investigación en Educación Matemática X* (pp. 7-26). SEIEM.
- Cardona, C. (2002). *Introducción a los métodos de investigación en educación*. EOS.
- Carbonell-Carrera, C., Jaeger, A. J., Saorín, J. L., Melián, D. y de la Torre-Cantero, J. (2021). Minecraft as a block building approach for developing spatial skills. *Entertainment Computing*, 38, 100427. <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2021.100427>
- Clements, D. H. y Battista, M. T. (1992). Geometría y razonamiento espacial. En D. A. Grouws (ed.), *Manual de investigación sobre enseñanza y aprendizaje de las matemáticas* (pp. 420-464). Macmillan.
- Centro de Perfeccionamiento, Experimentación e Investigaciones Pedagógicas (CPEIP). (2021). *Estándares de la profesión docente: Carreras de pedagogía en matemática. Educación media*. Ministerio de Educación de Chile. <https://www.cpeip.cl>
- Centro de Perfeccionamiento, Experimentación e Investigaciones Pedagógicas (CPEIP). (2025). *Manual portafolio: 7° básico a 4° medio. Asignaturas. Evaluación docente 2025*. Ministerio de Educación de Chile. <https://www.docentemas.cl>
- Centro de Perfeccionamiento, Experimentación e Investigaciones Pedagógicas (CPEIP). (2025). *Rúbricas 7° básico a 4° medio. Asignaturas. Evaluación docente 2025*. Ministerio de Educación de Chile. <http://www.docentemas.cl>
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. SAGE.
- Duval, R. (1999). Representation, vision and visualization: Cognitive functions in mathematical thinking. En F. Hitt y M. Santos (eds.), *Proceedings of the XXI Annual Meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (pp. 3-26). ERIC.
- Duval, R. (2004). *Semiosis y pensamiento humano: Registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. Universidad del Valle.
- Fabres Fernández, M. (2016). Estrategias metodológicas en la enseñanza de la geometría escolar. *Estudios Pedagógicos*, 42(1), 113-129. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052016000100006>
- Fernández Blanco, T. (2014). Atendiendo habilidades de visualización en la enseñanza de la geometría. En E. Cajaraville, F. J. García y M. Souto (eds.), *XV Congreso sobre Enseñanza y Aprendizaje de las Matemáticas (XV CEAM)* (pp. 1-10). FESPM-AGAPEMA.
- Fowler, S., Kennedy, J. P., Cutting, C., Gabriel, F. y Leonard, S. N. (2024). Self-determined learning in a virtual makerspace: A pathway to improving spatial reasoning for upper primary students. *International Journal of Technology and Design Education*, 34(2), 563-584. <https://doi.org/10.1007/s10798-023-09840-y>
- Freudenthal, H. (1983). *Didactical phenomenology of mathematical structures*. Reidel.
- Gold, Z. S., Elicker, J., Kellerman, A. M., Christ, S., Mishra, A. A. y Howe, N. (2021). Engineering play, mathematics, and spatial skills in children with and without disabilities. *Early Education and Development*, 32(1), 49-65. <https://doi.org/10.1080/10409289.2019.1709382>

- Guzmán, M. de. (1993). *Tendencias innovadoras en educación matemática*. Editorial Popular.
- Hanid, M. F. A., Said, M., Yahaya, N. y Abdullah, Z. (2022). Effects of augmented reality application integration with computational thinking in geometry topics. *Education and Information Technologies*, 27(7), 9485-9521. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10994-w>
- Harris, D., Logan, T. y Lowrie, T. (2023). Spatial visualization and measurement of area: A case study in spatialized mathematics instruction. *The Journal of Mathematical Behavior*, 70, 101038. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2023.101038>
- Harzing, A.-W. y Van der Wal, R. (2008). Google Scholar as a new source for citation analysis. *Ethics in Science and Environmental Politics*, 8, 61-73. <https://doi.org/10.3354/esepp00076>
- Henríquez-Rivas, C. (2013). Los artefactos y la visualización en el espacio de trabajo geométrico: Aportes a la enseñanza de la geometría. En M. T. Espinoza, J. D. Godino y J. A. Lupiáñez (eds.), *Actas del XVII Encuentro de Geometría y sus Aplicaciones – ALME 2013* (pp. 321-330). Funes-Universidad de los Andes. <https://funes.uniandes.edu.co/12124/>
- Houdement, C. y Kuzniak, A. (2006). Paradigmes géométriques et enseignement de la géométrie. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 11, 175-193. https://mathinfo.unistra.fr/websites/math-info/irem/Publications/Annales_didactique/vol_11_et_suppl/adsc11-2006_007.pdf
- Jablonski, S. y Ludwig, M. (2023). Teaching and learning of geometry: A literature review on current developments in theory and practice. *Education Sciences*, 13(7), 682. <https://doi.org/10.3390/educsci13070682>
- Jones, K. (2012, septiembre). *Geometrical and spatial reasoning: Challenges for research in mathematics education [Conferencia plenaria]*. SEIEM Conference, University of Barcelona.
- Jones, K. y Tzekaki, M. (2016). Research on the teaching and learning of geometry. En Á. Gutiérrez, G. C. Leder y P. Boero (eds.), *The second handbook of research on the psychology of mathematics education* (pp. 109-149). Sense Publishers.
- Juárez-Ruiz, E., González, L. S. y López, J. A. (2022). Identificación del desarrollo de habilidades visuales espaciales en representaciones y conversión entre registros para calcular volúmenes. *Educación Matemática*, 34(1), 157-185. <https://doi.org/10.24844/EM3401.06>
- Krippendorff, K. (1969). Models of messages: Three prototypes. En G. Gerbner, O. R. Holsti, K. Krippendorff, G. J. Paisley y P. J. Stone (eds.), *The analysis of communication content* (pp. 3-26). Wiley.
- Koparan, T., Dinar, H., Koparan, E. T. y Haldan, Z. S. (2023). Integrating augmented reality into mathematics teaching and learning and examining its effectiveness. *Thinking Skills and Creativity*, 47, 101245. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101245>
- Llinares, S. (2008). *Agenda de investigación en educación matemática en España: Una aproximación desde ISI y ERIH*. Departamento de Innovación y Formación Didáctica, Universidad de Alicante.

- Lowrie, T. y Logan, T. (2023). Spatial visualization supports students' math: Mechanisms for spatial transfer. *Journal of Intelligence*, 11(6), 127. <https://doi.org/10.3390/jintelligence11060127>
- Maresch, G., Lagoudaki, E. y Caballero, N. S. (2023). Evaluations of the data from the Spatial Thinking Platform RIF show a clear trend: Girls and boys have equally good spatial thinking skills. *Journal for Geometry and Graphics*, 27(2), 249-262. <https://www.heldermann.de/JGG/JGG27/JGG272/jgg27021.htm>
- McDougal, E., Silverstein, P., Treleaven, O., Jerrom, L., Gilligan-Lee, K., Gilmore, C. y Farran, E. K. (2024). Assessing the impact of LEGO® construction training on spatial and mathematical skills. *Developmental Science*, 27(2), e13432. <https://doi.org/10.1111/desc.13432>
- Ministerio de Educación de Chile. (2012). *Estándares orientadores para carreras de pedagogía en educación media*. Centro de Perfeccionamiento, Experimentación e Investigaciones Pedagógicas (CPEIP).
- Moral-Sánchez, S. N., Sánchez-Compañía, M. T. y Albaladejo, I. R. (2023). Using virtual reality in geometry for the development of spatial skills. *Enseñanza de las Ciencias*, 41(1), 125-147. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5442>
- Newcombe, N. S. y Huttenlocher, J. (2000). *Making space: The development of spatial representation and reasoning*. MIT Press.
- Ng, O., Shi, L. y Ting, F. (2020). Exploring differences in primary students' geometry learning outcomes in two technology-enhanced environments: Dynamic geometry and 3D printing. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 44. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00244-1>
- 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., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P. y Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *The BMJ*, 372(71), 1-9. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Patahuddin, S. M., Ramful, A., Lowrie, T. y Bholoa, A. (2022). Subtleties in spatial visualization maneuvers: Insights from numerical solutions. *The Journal of Mathematical Behavior*, 67, 100988. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2022.100988>
- Pathiranage, A. (2023). Technology and educational practices in pre-COVID-19 and post-COVID-19 periods: A systematic literature review. *Education Sciences*, 13(9), 917. <https://doi.org/10.3390/educsci13090917>
- Pérez-Fabello, M. J. y Campos, A. (2023). Influence of spatial imagery and imagery control on geometric form location in paintings. *Thinking Skills and Creativity*, 48, 101298. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101298>
- Pumacallahui, E., Acuña, C. y Calcina, D. (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), 139-164. <https://doi.org/10.24844/EM3302.10>
- Ruiz, G. (2022). El desafío de construir agendas. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 27(94), 1033-1038. <https://ojs.rmie.mx/index.php/rmie/article/view/76>
- Sanhueza, S. y Sumonte, V. (2016). Agenda investigativa en educación: Revistas escritas en inglés de la Web of Science. *Revista Electrónica de Educación Superior*, 1(2), 1-22. <https://www.scielo.cl/pdf/sophiaaust/v28/0719-5605-sophiaaus-28-13.pdf>
- Santacruz Rodríguez, M. y Sacristán Rock, A. I. (2019). Una mirada al trabajo documental de un profesor de primaria al seleccionar recursos para enseñar geometría. *Educación Matemática*, 31(3), 7-38. <https://doi.org/10.24844/EM3103.01>
- Singh, G., Singh, G., Tuli, N. y Mantri, A. (2023). Hyperspace AR: An augmented reality application to enhance spatial skills and conceptual knowledge of students in trigonometry. *Multimedia Tools and Applications*, 83, 60881-60902. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-17870-w>
- Sitter, K. (2019). *Geometrische Körper an inner- und außerschulischen Lernorten: Der Einfluss des Protokollierens auf eine sichere Begriffsbildung* [Geometric solids in in-school and out-of-school learning settings: The impact of logging on confident concept formation]. Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-27999-8>
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333-339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Sorby, S. A. (2009). Educational research in developing 3-D spatial skills for engineering students. *International Journal of Science Education*, 31(3), 459-480. <https://doi.org/10.1080/09500690802595839>
- Tam, Y. P. y Chan, W. W. L. (2022). The differential relations between sub-domains of spatial abilities and mathematical performance in children. *Contemporary Educational Psychology*, 71, 102101. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2022.102101>
- Thom, J. S. y Hallenbeck, T. (2021). Beyond words/signs: DHH learners' spatial reasoning in mathematics as embodied cognition. *American Annals of the Deaf*, 166(3), 378-408. <https://doi.org/10.1353/aad.2021.0025>
- Van Hiele, P. M. (1986). *Structure and insight: A theory of mathematics education*. Academic Press.
- Vargas Herrera, J. P., Giacomone, M. B. y Vanegas, Y. (2025). Assessment of the knowledge mobilized by prospective primary teachers in the design of geometrical tasks. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(12), em2753. <https://doi.org/10.29333/ejmste/17505>
- Velázquez, F. D. y Méndez, G. M. (2021). Systematic review of the development of spatial intelligence through augmented reality in STEM knowledge areas. *Mathematics*, 9(23), 3067. <https://doi.org/10.3390/math9233067>
- Wiese, I. (2016). *Kognitive Anforderungen in geometrischen Aufgaben des vierten Schul-*

jahres [Cognitive demands in geometric tasks of the fourth school year] (Doctoral dissertation, Universität Koblenz-Landau). OPUS.

Whiteley, W. (2019). Geometric cognition. En L. Verschaffel, E. de Corte, T. de Jong y J. Elen (eds.), *Interdisciplinary perspectives on mathematical cognition and learning* (pp. 251-275). Routledge.

Wu, L. J. y Chang, K. E. (2023). Effect of embedding a cognitive diagnosis into the adaptive dynamic assessment of spatial geometry learning. *Interactive Learning Environments*, 31(2), 890-907. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1815216>

Yu, M. X., Cui, J. X., Wang, L., Gao, X., Cui, Z. L. y Zhou, X. L. (2022). Spatial processing rather than logical reasoning was found to be critical for mathematical problem-solving. *Learning and Individual Differences*, 100, 102230. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2022.102230>



Esta obra está bajo una Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.