

LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, Asunción, Paraguay

ISSN en línea: 2789-3855, 2026

Visualización y razonamiento geométrico mediante enfoques multisensoriales: revisión sistemática para la innovación educativa

Visualization and geometric reasoning through multisensory approaches: a systematic review for educational innovation

Leonardo Pérez Ramírez

Leonardoramirez.est@umecit.edu.pa
<https://orcid.org/0009-0006-6378-1598>
Universidad, UMECIT, Panamá
Bogotá – Colombia

Luis Cardona

luiscardona.doc@umecit.edu.pa
<https://orcid.org/0000-0002-6526-9508>
Universidad, UMECIT, Panamá
Bogotá – Colombia

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v7i2.5687>

Artículo recibido: 10 de diciembre de 2025.
Aceptado para publicación: 15 de abril de 2026.
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.


Redilat
Red de Investigadores Latinoamericanos


LATAM

Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades

VOLUMEN VII

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v7i2.5687>

Visualización y razonamiento geométrico mediante enfoques multisensoriales: revisión sistemática para la innovación educativa

Visualization and geometric reasoning through multisensory approaches: a systematic review for educational innovation

Leonardo Pérez Ramírez

Leonardoramirez.est@umecit.edu.pa
<https://orcid.org/0009-0006-6378-1598>
Universidad, UMECIT, Panamá
Bogotá – Colombia

Luis Cardona

luiscardona.doc@umecit.edu.pa
<https://orcid.org/0000-0002-6526-9508>
Universidad, UMECIT, Panamá
Bogotá – Colombia

Artículo recibido: 10 de diciembre de 2025. Aceptado para publicación: 15 de abril de 2026.
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen

La visualización y el razonamiento geométrico constituyen desafíos persistentes en la educación media, especialmente en el tránsito hacia niveles de mayor abstracción, frecuentemente abordados desde enfoques predominantemente simbólicos. El objetivo de este artículo es analizar, mediante una revisión sistemática de literatura publicada entre 2019 y 2025, el impacto de las estrategias multisensoriales y de la cognición encarnada en el fortalecimiento de las competencias espaciales. La metodología se sustentó en la aplicación del protocolo PRISMA para el análisis riguroso de siete estudios empíricos y teóricos seleccionados bajo estrictos criterios de calidad. Los resultados evidencian que la integración simultánea de estímulos táctiles, auditivos y kinestésicos reduce significativamente la carga cognitiva. Asimismo, se constató que la transición de modelos representacionales estáticos hacia dinámicas de aprendizaje basadas en el cuerpo mejora de forma notable tanto la retención de conceptos geométricos como la capacidad de aplicarlos en la resolución de problemas espaciales complejos. Se concluye que las intervenciones pedagógicas fundamentadas en la cognición encarnada representan una innovación educativa esencial para superar las barreras tradicionales en la didáctica de la geometría.


Palabras clave: visualización, razonamiento geométrico, cognición encarnada, enfoques multisensoriales, innovación educativa

Abstract

Visualization and geometric reasoning remain persistent challenges in secondary education, particularly during the transition toward higher levels of abstraction, which is often approached through predominantly symbolic methods. The aim of this article is to analyze, through a systematic review of the literature published between 2019 and 2025, the impact of multisensory strategies and embodied cognition on the strengthening of spatial competencies. The methodology was based on applying the PRISMA protocol to rigorously analyze seven empirical and theoretical studies selected

according to strict quality criteria. The results show that the simultaneous integration of tactile, auditory, and kinesthetic stimuli significantly reduces cognitive load. Likewise, it was found that the shift from static representational models to body-based learning dynamics notably improves both the retention of geometric concepts and the ability to apply them in solving complex spatial problems. It is concluded that pedagogical interventions grounded in embodied cognition represent an essential educational innovation for overcoming traditional barriers in the teaching of geometry.

Keywords: visualization, geometric reasoning, embodied cognition, multisensory approaches, educational innovation

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicado en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons. 

Cómo citar: Pérez Ramírez, L., & Cardona, L. (2026). Visualización y razonamiento geométrico mediante enfoques multisensoriales: revisión sistemática para la innovación educativa. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 7 (2), 1009 – 1025.
<https://doi.org/10.56712/latam.v7i2.5687>

INTRODUCCIÓN

La matemática, y en particular su componente geométrico y espacial, constituye un pilar fundamental para el desarrollo del pensamiento lógico y la comprensión del entorno físico, dotando a los estudiantes de herramientas esenciales para modelar el mundo real (Duval, 2017). Es innegable que la geometría constituye el lenguaje fundamental para la arquitectura, el diseño ingenieril y la navegación satelital. No obstante, la realidad en el aula es distinta: la enseñanza de esta disciplina choca con una barrera de apatía que parece haberse vuelto sistemática (Grootenboer & Marshman, 2016). Aquí surge la paradoja. Si bien su utilidad es vasta, en el imaginario del estudiante suele figurar como un saber distante, ajeno a lo cotidiano y de una complejidad innecesaria (Gamboa Araya & Ballesterero Alfaro, 2010; Hannula, 2019). El problema de esta visión negativa es que no se agota en el desinterés momentáneo; termina por comprometer la transición a temas más exigentes, como la trigonometría, donde la falta de una base sólida en razonamiento espacial y visualización se vuelve un obstáculo insalvable (Gutiérrez, 2016).

La literatura especializada coincide en señalar que estos retos no son aislados: el bajo desarrollo de la visualización espacial, la falta de contextualización y una escasa presencia de metodologías activas forman un nudo crítico en el aula (Duval, 1998; Fernández Blanco, 2013; Godino et al., 2007; Mainali, 2021). Mientras referentes como Duval (1998) enfatizan la necesidad de articular los registros de representación, autores como Fernández Blanco, (2013) y Godino et al. (2007) insisten en la urgencia de modelos que integren lo concreto, lo visual y lo simbólico. A estas perspectivas teóricas se añaden investigaciones más recientes que aportan evidencia empírica sobre el potencial de enfoques multisensoriales y encarnados para fortalecer el razonamiento geométrico (Gori et al., 2021; Marlair et al., 2021; Lyu & Deng, 2024; Shvarts & Abrahamson, 2019), articulando hallazgos actuales para sustentar la pertinencia del presente estudio.

Por otro lado, los resultados en pruebas como PISA y Saber 11 confirman una realidad constante en las aulas: existe una brecha significativa en el manejo de formas, espacios y representaciones visuales (OCDE, 2023; ICFES, 2023; Arias Ortiz et al., 2023). Las causas son diversas, pero en gran medida parten de un modelo tradicional que sigue privilegiando la repetición mecánica por encima de la comprensión (Pérez & Guillén, 2009; Boaler, 2022). A esto se le suma un problema muy común con los tiempos escolares: la geometría suele dejarse para el final del año, justo cuando el calendario apremia y el tiempo se vuelve casi inexistente para una exploración profunda de los conceptos (Marchis, 2012).

Para contrarrestar estas deficiencias, a lo largo de los años se han implementado diversos enfoques didácticos en el aula. Por ejemplo, algunos autores apuestan fuertemente por el uso de software de geometría dinámica para mejorar la visualización (Ziatdinov y Valles, 2022), mientras que otros defienden la modelación de problemas del entorno real para darle un sentido práctico a la materia (Blomhøj, 2020). Si bien tales estrategias superan el modelo de clase tradicional, arrastran una limitación persistente: el énfasis casi total en lo visual y lo abstracto, lo cual mantiene una visión descorporeizada del saber (Radford, 2021). El enfoque multisensorial rompe con esa inercia. Al integrar el cuerpo, el tacto y el movimiento, el estudiante deja de ser un observador pasivo para experimentar la geometría de manera directa; así, se logra trascender el límite de la abstracción pura y se encamina hacia una comprensión con mayor arraigo y profundidad (Abrahamson, 2017).

El paradigma de la Cognición Encarnada surge, ante este panorama, como una alternativa con potencial transformador. Diversos estudios (Calderón y Moreno-Armella, 2022; Fajardo-Santamaría, 2022) evidencian que coordinar estímulos visuales, auditivos y táctiles con el movimiento no se limita a favorecer la construcción de conceptos; también optimiza la carga cognitiva y dota al aprendizaje de una mayor estabilidad en el tiempo. Dentro de este marco, el uso de materiales y la actividad kinestésica dejan de ser simples recursos lúdicos constituyéndose como andamiajes cognitivos

esenciales que guían al estudiante en el tránsito desde la intuición física hacia la abstracción geométrica profunda.

Partiendo de estas premisas, esta revisión sistemática se propone examinar y sintetizar las tendencias vigentes sobre la enseñanza multisensorial de la geometría. La intención no se agota en una descripción de los avances internacionales; busca, fundamentalmente, aportar evidencia que invite a repensar la práctica docente en el contexto colombiano, con el fin de potenciar el razonamiento geométrico y la visualización en las aulas. Bajo esta perspectiva, el estudio se estructura a partir de la siguiente interrogante: ¿Qué tendencias predominan en la literatura respecto al uso de enfoques multisensoriales para enseñar geometría y de qué manera inciden tales prácticas en el razonamiento espacial de los alumnos?

El rigor y la transparencia de esta revisión se sustentan en la adopción del protocolo PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Más que un simple estándar, este marco internacional permite organizar con precisión el flujo informativo del estudio, rastreando cada etapa desde el hallazgo inicial de registros hasta la síntesis de la evidencia (Page et al., 2021). La aplicación de estas directrices responde a la necesidad de mitigar sesgos de selección; con ello, se asegura que el análisis de la literatura sobre multisensorialidad y geometría alcance el nivel de exigencia y solidez que requiere una investigación doctoral.

METODOLOGÍA

Procedimiento de búsqueda y criterios de selección

El proceso de recolección y filtrado de datos se ejecutó en cuatro fases diferenciadas, tal como se detalla en el diagrama de flujo de la Figura 1.

Fase de Identificación: El proceso inició con una exploración exhaustiva en las bases de datos Scopus y SciELO, lo cual permitió obtener un volumen inicial de 521 registros. Sobre este conjunto, se ejecutó un primer filtro de carácter cronológico para priorizar la producción científica más actual; así, al delimitar la búsqueda al período comprendido entre 2019 y 2025, el corpus se redujo a 420 documentos que avanzaron a la siguiente etapa de revisión.

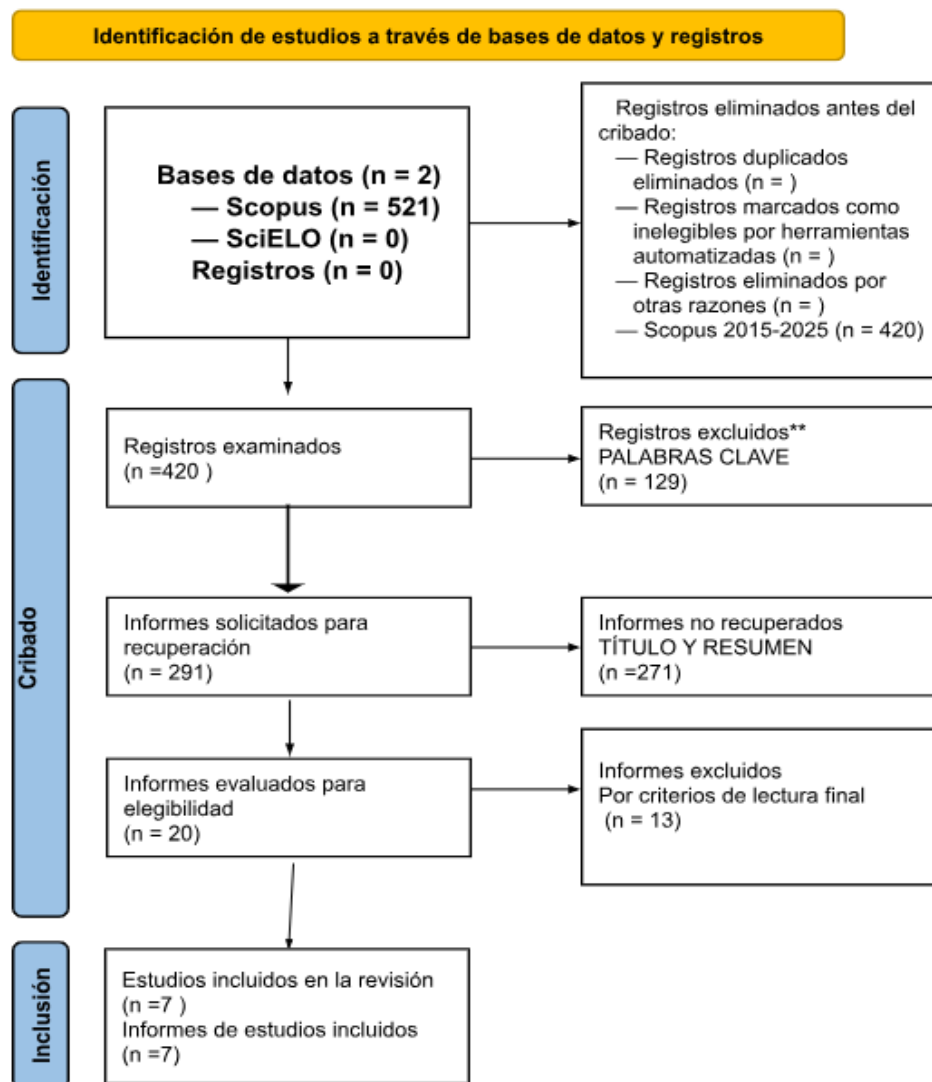
Cribado (Screening): Los 420 registros resultantes fueron sometidos a un filtro por descriptores y palabras clave. En este punto, se excluyeron 129 artículos que, si bien abordaban la educación matemática, no integraban de forma explícita las variables de razonamiento geométrico o estrategias multisensoriales. Esto dejó un saldo de 291 reportes para una revisión más profunda.

Elegibilidad: Se procedió a examinar los títulos y resúmenes de los 291 trabajos restantes. Como resultado de este análisis detallado, 271 artículos fueron descartados al no alinearse con el objetivo central de la investigación o por carecer de un marco empírico sólido. Posteriormente, se recuperaron 20 artículos para una lectura integral del texto completo.

Inclusión: Tras aplicar criterios de calidad y relevancia en la lectura final, se excluyeron 13 documentos adicionales. Finalmente, la muestra definitiva para esta revisión sistemática quedó constituida por 7 estudios de alto impacto, los cuales cumplen con los requisitos de originalidad y rigor técnico necesarios para informar el diseño de estrategias innovadoras en el contexto educativo.

Figura 1

Diagrama PRISMA del proceso de búsqueda y selección de los estudios incluidos en la revisión sistemática



Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los hallazgos de la revisión sistemática se organizó en una matriz de categorías conceptuales (enseñanza de la geometría, visualización y razonamiento geométrico, estrategias multisensoriales/encarnadas, aprendizaje activo, evaluación, diseño de estrategias y tecnología educativa). El análisis en este apartado comienza con una síntesis narrativa sobre los objetivos de los estudios seleccionados. Posteriormente, dicha información se organiza en una matriz técnica que facilita la discusión de los patrones más relevantes hallados en la evidencia. Este doble abordaje permite no solo clasificar los datos, sino profundizar en las tendencias que emergen del proceso de recolección.

El análisis del corpus documental revela una clara convergencia teórica: la visualización geométrica requiere ser optimizada mediante el aprendizaje activo y experiencias encarnadas. Trabajos como los de Gori et al. (2021, 2022) y Lyu y Deng (2024) son esenciales en esta línea, pues proponen tareas manipulativas y cinestésicas potenciadas por la tecnología. En un plano distinto, la literatura también ofrece herramientas de medición, como se observa en el diseño de instrumentos psicométricos para evaluar representaciones espaciales (Marlair et al., 2021; Mutmainah et al., 2024). A esto se suma el aporte de Skalstad et al. (2025) y Ponticorvo et al. (2019), quienes, al priorizar entornos lúdicos, brindan una perspectiva cualitativa necesaria sobre cómo aterrizar estas estrategias en la realidad compleja del aula.

La pluralidad de enfoques analizados expone una bifurcación metodológica clara. Se observa, por una parte, una tendencia de corte cuantitativo-experimental y, por otra, una vertiente cualitativa volcada al diseño pedagógico. Al revisar las cifras, un peso mayoritario del 71% (n = 5) se inclina por la validación estadística, centrando sus esfuerzos en medir el impacto empírico de las intervenciones sensoriales. En contraste, el 29% restante (n = 2) opta por explorar la riqueza de los procesos y contextos; este grupo logra capturar esa trazabilidad del aprendizaje que, a menudo, escapa al alcance de las métricas convencionales.

Sumado a esta pluralidad, se observa una marcada heterogeneidad en las poblaciones estudiadas, cubriendo desde la educación básica hasta la secundaria. En este punto, cobra un valor especial la dimensión inclusiva presente en los trabajos de Marlair et al. (2021) y Mutmainah et al. (2024), donde la integración de estudiantes con discapacidad visual reconfigura el sentido de la investigación. Este hallazgo dota a la discusión de una nueva profundidad: la multisensorialidad ya no se entiende solo como una opción didáctica más, sino como un eje fundamental de justicia social y equidad dentro del sistema educativo.

A la luz de los hallazgos, la evidencia apunta hacia una premisa sólida: las experiencias multisensoriales actúan como un catalizador tanto en la construcción de conceptos como en la motivación del alumno. Estos resultados resaltan la importancia de estructurar trayectorias de aprendizaje que busquen articular la percepción física, la imagen visual y la formalización simbólica. Esta integración parece ser una vía prometedora para favorecer una transición más efectiva hacia los niveles de abstracción geométrica que la educación media demanda.

Análisis bibliográfico

Para facilitar un abordaje integral de los hallazgos, la información se estructuró en una matriz de síntesis que trasciende el listado descriptivo de fuentes. En esta herramienta se condensan los ejes rectores de cada investigación: desde sus propósitos y andamiajes metodológicos hasta las particularidades de las muestras y los hallazgos con mayor incidencia. Este ejercicio de contraste facilita una lectura organizada de la producción científica actual; al mismo tiempo, permite identificar ciertas convergencias y vacíos en los enfoques que apuestan por la cognición encarnada, ofreciendo un panorama más claro sobre el estado de la cuestión.

Tabla 1

Análisis bibliográfico de los estudios incluidos en la revisión sistemática

N°	Autor (año)	Propósito del estudio	Diseño metodológico	Muestra/población	Análisis de la información	Resultados	Conclusión	Aportes al estudio
1	Skalstad et al. (2025)	Explorar la participación infantil en ciencias/ matemáticas mediante diálogos. (Cualitativo/ Caso).	Cualitativo: Estudio de caso múltiple basado en interacciones grabadas.	29 docentes de educación inicial (estudiantes de posgrado) y registros de aula con niños.	Análisis de patrones (IRE/IRF) mediante transcripciones anotadas (tono y lenguaje corporal), codificadas por triangulación.	La participación activa fue limitada en diálogos tradicionales; el interés en matemáticas aumentó al integrar movimiento corporal, artefactos naturales y experiencias físicas.	La integración del cuerpo y los sentidos en matemáticas fomenta conversaciones compartidas y un mayor compromiso cognitivo.	Valida la importancia del uso del cuerpo y artefactos reales en la enseñanza matemática; fundamenta el diálogo colaborativo como eje de diseño
2	Lyu, C. & Deng, S. (2024)	Evaluar el impacto del aprendizaje cognitivo-corporal en el rendimiento y la carga cognitiva, identificando factores moderadores.	Meta-análisis basado en directrices PRISMA y Cochrane (17 estudios; 21 experimentos).	1046 estudiantes de diversos niveles (primaria, secundaria y universidad) a nivel internacional.	Cálculo de tamaños de efecto (Hedges' g), metarregresiones, análisis de subgrupos y pruebas de sesgo (Egger).	Mejora significativa del rendimiento ($g=0.52$) y reducción de la carga cognitiva ($g=-0.31$); mayor impacto en matemáticas y estrategias gestuales simples.	La efectividad del aprendizaje encarnado depende de un balance costo-beneficio: el alivio de la carga cognitiva debe superar el esfuerzo de la estrategia.	Sustenta el uso de estímulos multisensoriales y gestuales para optimizar el procesamiento mental; justifica el uso de manipulación concreta en secundaria.
3	Mutmainah et al. (2024)	Desarrollar y validar un instrumento para medir la representación pictórica de conceptos geométricos planos en estudiantes con discapacidad visual.	Investigación de desarrollo (R&D) con validación técnica y juicio de expertos.	8 estudiantes de secundaria con ceguera (congénita y adquirida) en centros de educación especial.	Validación de contenido (Índice de Aiken), consistencia interna (Alpha de Cronbach) y análisis psicométrico de reactivos.	Alta validez de contenido ($V=1.0$) y confiabilidad ($\alpha=0.823$); efectividad en la medición de la representación táctil mediante materiales físicos.	La mediación con materiales táctiles (varillas, texturas) y la descripción verbal permiten una evaluación precisa de la comprensión geométrica.	Respalda el diseño de tareas de manipulación física y verbalización guiada; ofrece referentes para crear rúbricas de reconstrucción geométrica.
4	Gori et al. (2022)	Evaluar el impacto de entornos tecnológicos multisensoriales en el aprendizaje de la geometría (ángulos) mediante la integración de movimiento, sonido y visión.	Estudio interdisciplinar con validación experimental y análisis de interacción (RobotAngle).	24 estudiantes (7-9 años) y revisión sistemática de literatura neurocientífica y pedagógica.	Contraste pre-post de habilidades visoespaciales y análisis cualitativo de la dinámica corporal y detección afectiva.	Mejora significativa en el razonamiento espacial; las asociaciones sonido-movimiento facilitaron la representación de conceptos abstractos.	La convergencia de estímulos sensoriales y acción corporal refuerza la transición del nivel perceptual al conceptual en matemáticas.	Fundamenta el uso del cuerpo y la respuesta sonora como mediadores de la visualización geométrica; ofrece bases para el diseño de tareas de autorregulación sensorial.

5	Marlair et al. (2021)	Investigar el desarrollo de la intuición geométrica en ausencia de experiencia visual mediante tareas de detección de figuras desviantes.	Estudio experimental comparativo (modalidades táctil vs. visual).	95 participantes (niños y adultos), incluyendo ciegos congénitos y grupos control videntes.	Pruebas ANCOVA, t-tests de precisión y tiempo, y regresión lineal para evaluar el efecto del desarrollo (edad).	Todos los grupos demostraron intuición geométrica básica; los videntes mostraron mayor eficiencia, pero no hubo diferencias significativas entre ciegos y videntes vendados en tareas táctiles.	La visión optimiza la eficiencia espacial, pero la intuición geométrica puede desarrollarse mediante representaciones táctiles y memoria de orden.	Justifica el uso de estímulos táctiles y kinestésicos para fortalecer el razonamiento en estudiantes videntes; respalda la exploración activa y las comparaciones secuenciales.
6	Gori et al. (2021)	Evaluar la eficacia de un entrenamiento multisensorial (visuo-audio- motor) en la comprensión de conceptos espaciales y geométricos.	Cuasi-experimental con validación psicofísica de herramientas digitales (<i>RobotAngle</i> y <i>BodyFraction</i>).	24 niños (7 y 9 años) distribuidos en grupos de intervención específicos por concepto.	Pruebas ANOVA y Wilcoxon para contrastar deltas pre-post en tareas visoespaciales y de razonamiento proporcional.	El entrenamiento RobotAngle potenció significativamente las habilidades visoespaciales; la efectividad del método fue sensible a la edad y al concepto abordado.	El enfoque cognitivo-corporal (integración cuerpo-sonido-visión) refuerza el aprendizaje espacial dependiendo del nivel de desarrollo del estudiante.	Valida la integración de movimiento y sensorialidad en la visualización geométrica; justifica el uso de tecnologías mediadoras para fortalecer el razonamiento espacial.
7	Ponticorvo et al. (2019)	Explorar el fortalecimiento de habilidades espaciales y numéricas mediante herramientas lúdico-tecnológicas basadas en el desarrollo cognitivo.	Estudio teórico-aplicado (revisión de literatura y diseño conceptual de prototipos).	N/A (Enfoque en fundamentación teórica y descripción funcional de herramientas).	Análisis crítico interdisciplinario integrando neurociencia, tecnología y educación matemática.	Identificación de beneficios en la transición de representaciones físicas a simbólicas; la manipulación de bloques promueve la representación espacial encarnada.	El aprendizaje cognitivo-corporal, apoyado en elementos físicos y digitales, favorece la internalización conceptual y la motivación desde la acción corporal.	Valida la importancia de mediadores físicos y lúdicos para la visualización geométrica; justifica el uso de material concreto en la transición hacia la abstracción.

Fuente: elaboración propia.

Análisis de la matriz de categorías conceptuales de la revisión

La sistematización de la literatura se consolidó en una matriz de categorías conceptuales que trasciende el resumen descriptivo para ofrecer una visión panorámica de los núcleos de investigación actuales. Para facilitar la lectura comparativa en la Tabla 2, estos hallazgos se estructuraron en nueve dimensiones críticas (encabezados). El primer bloque corresponde al dominio disciplinar, abarcando la Enseñanza de la Geometría (Ens. Geo.), la Visualización Geométrica (Vis. Geo.) y el Razonamiento Geométrico (Raz. Geo.). El segundo bloque define el enfoque pedagógico y cognitivo a través de las Estrategias Multisensoriales (Est. Multi.), el Aprendizaje Corporal (Apr. Corp.) y la Cognición Corporal o encarnada (Cog. Corp.). Finalmente, el tercer bloque analiza los componentes de intervención y medición, incluyendo la Evaluación de Competencias (Eval. Comp.), el Diseño de Estrategias (Dis. Estrat.) y la integración de Tecnología Educativa (Tec. Ed.).

Los datos sintetizados en la Tabla 2 muestran una tendencia compartida: la apuesta por los estímulos multisensoriales, el aprendizaje corporal y los principios de la cognición encarnada. La presencia de estas categorías en los estudios analizados refuerza la idea de un consenso académico incipiente sobre el papel del cuerpo en la estructuración del pensamiento geométrico. Llama la atención que, pese a la escasa mención de modelos lingüísticos específicos en la literatura consultada, la estimulación sensorial parece consolidarse como un eje central en las propuestas de innovación educativa actuales.

Este mapeo categorial ofrece un marco de contraste que permite fundamentar la pertinencia de un enfoque centrado en la experiencia multisensorial, especialmente para el contexto de grado décimo. Más allá de sintetizar la producción académica actual, la matriz aporta elementos para considerar un tránsito necesario: pasar de modelos de instrucción puramente simbólicos a una praxis educativa donde el tacto, el oído y el movimiento actúen como mediadores hacia la abstracción geométrica.

Para una correcta interpretación de la Tabla 2, es necesario precisar las categorías analíticas que estructuran la matriz. Bajo las denominaciones de Ens. Geo. y Vis. Geo., se agrupan los hallazgos relativos a la Enseñanza de la Geometría y la Visualización Geométrica, respectivamente; mientras que Raz. Geo. alude al Razonamiento Geométrico. Por su parte, las dimensiones de Est. Multi. (Estrategias Multisensoriales), Apr. Corp. (Aprendizaje Corporal) y Cog. Corp. (Cognición Corpórea) conforman el núcleo del enfoque encarnado. Finalmente, las columnas de Eval. Comp., Dis. Estrat. y Tec. Ed. refieren a la Evaluación de Competencias, el Diseño de Estrategias y la Tecnología Educativa, dimensiones que permiten mapear el alcance metodológico de cada estudio.

Tabla 2

Resumen de la matriz de categorías conceptuales de la revisión sistemática de estrategias multisensoriales en la enseñanza de la geometría

Artículo	Ens. Geo.	Vis. Geo.	Raz. Geo.	Est. Multi.	Apr. Corp.	Cog. Corp.	Eval. Comp.	Dis. Estrat.	Tec. Ed.
Skalstad et al. (2025)	☑	☑	☑	☑	☑	☑	✗	☑	✗
Lyu & Deng (2024)	✗	✗	✗	☑	☑	☑	☑	☑	✗
Mutmainah et al. (2024)	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	✗
Gori et al. (2022)	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Marlair et al. (2021)	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	✗	✗
Gori et al. (2021)	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Ponticorvo et al. (2019)	☑	☑	☑	☑	☑	☑	✗	☑	☑

Fuente: elaboración propia.

La hegemonía de la dimensión multisensorial en la producción científica analizada valida la necesidad de transitar hacia una pedagogía del cuerpo y los sentidos en la educación media. La flexibilidad de este enfoque, respaldada por evidencias que transitan desde microestudios de caso hasta metaanálisis de gran escala ($n = 1046$), asegura la viabilidad de su transferencia a diversos ecosistemas escolares. En definitiva, la consistencia categorial observada posiciona a la experiencia sensorial no como un recurso periférico, sino como el eje articulador de un diseño didáctico capaz de transformar la abstracción geométrica en un conocimiento vivencial y duradero.

Los datos consolidados en la matriz revelan una convergencia metodológica hacia la transversalidad de los estímulos multisensoriales en la educación matemática. Se observa que la totalidad de los trabajos analizados integran explícitamente componentes encarnados o sensoriales para mediar la construcción del conocimiento (p. ej., Gori et al., 2021; Marlair et al., 2021). Asimismo, el 100% de la muestra ($n = 7$) reporta el uso de estrategias de aprendizaje activo mediante tareas manipulativas, acción corporal o mediación tecnológica avanzada (Skalstad et al., 2025; Ponticorvo et al., 2019).

En lo que respecta al rigor evaluativo, el 71% de las investigaciones ($n = 5$) adopta un enfoque empírico mediante el uso de mediciones pre-post o procesos rigurosos de validación técnica de instrumentos (Lyu & Deng, 2024; Mutmainah et al., 2024; Gori et al., 2022). Esta tendencia mayoritaria hacia la cuantificación de efectos en el razonamiento geométrico se ve robustecida por un bloque de estudios cualitativos que aportan la profundidad necesaria sobre la trazabilidad y las condiciones de implementación en contextos reales de aula.

Mientras que los trabajos de validación de instrumentos y desarrollo técnico operan con grupos focalizados para garantizar el rigor de los reactivos ($n = 8$; Mutmainah et al., 2024), las investigaciones de intervención directa manejan tamaños muestrales que oscilan entre los 24 y 95 participantes. Este volumen permite contrastar de manera efectiva el impacto en habilidades visoespaciales tanto en poblaciones videntes como con discapacidad visual (Gori et al., 2021; Marlair et al., 2021).

Instrumentos y evaluación de la evidencia

En cuanto a la recolección de datos, los enfoques cuantitativos se fundamentan en el uso de pruebas pre-post y tareas de percepción espacial, respaldadas por análisis psicométricos que garantizan la validez de contenido y la consistencia interna (mediante el alfa de Cronbach) de las herramientas empleadas (Mutmainah et al., 2024). Por otro lado, las investigaciones orientadas al diseño pedagógico privilegian la trazabilidad cualitativa mediante registros observacionales, análisis de interacciones dialógicas y el uso de mediadores lúdico-físicos (Skalstad et al., 2025; Ponticorvo et al., 2019).

Respecto al diseño metodológico, la literatura evidencia una clara bifurcación. Por un lado, una tendencia mayoritaria (71%; $n = 5$) adopta diseños experimentales y cuasiexperimentales, orientados a la medición de efectos directos y a la comparación de condiciones antes y después de la intervención (Lyu & Deng, 2024; Gori et al., 2021). Por otro lado, el 29% restante ($n = 2$) se decanta por diseños cualitativos y basados en el diseño, enfocados en la comprensión contextual de la implementación y en el desarrollo de lineamientos educativos (Skalstad et al., 2025; Ponticorvo et al., 2019).

En conjunto, los hallazgos proporcionan un respaldo empírico robusto para la integración de estrategias multisensoriales y encarnadas como eje para fortalecer la visualización y el razonamiento geométrico (Gori et al., 2022; Lyu & Deng, 2024). Esta combinación de medición de resultados y análisis cualitativo permite valorar no solo la efectividad de las estrategias en el fortalecimiento de la intuición espacial, sino también comprender la mecánica pedagógica de cómo operan estos estímulos en el aula (Skalstad et al., 2025; Marlair et al., 2021).

Tabla 3

Caracterización bibliométrica e institucional de los artículos seleccionados

N°	Autor(es)	País	Institución / Universidad	Departamento	Citas	Año	Journal (Revista)
1	Skalstad, I., Bjerknes, A.-L., & Svendsen, S.	Noruega	University of South-Eastern Norway	Dept. of Mathematics and Science Education	0	2025	Early Childhood Education Journal
2	Lyu, C. & Deng, S	China / Malasia	Universiti Sains Islam Malaysia (USIM)	Faculty of Educational Studies	2	2024	Learning and Individual Differences / Frontiers in Psych.
3	Mutmainah, S., Siswono, T.Y.E., & Abadi, A.	Indonesia	Universitas Negeri Surabaya & Univ. Lampung	Dept. of Mathematics Education	0	2024	Hrvatska Revija za Rehabilitacijska Istraživanja
4	Gori, M., Price, S.,	Italia, Reino	Istituto Italiano di	Unit for Visually	28	2002	Multisensory Research
5	Marlair, C., Pierret, E., & Crollen, V.	Bélgica	Université Catholique de Louvain	Institute of Psychology	18	2012	Cognition
6	Gori, M., Volta, E., Volpe, G., Cuturi, L.F., & Cappagli, G.	Italia	Istituto Italiano di Tecnologia (IIT)	Unit for Visually Impaired People (U-VIP)	14	2021	IEEE International Conference on Development and Learning
7	Ponticorvo, M.,	Italia	University of Naples	Dept. of Humanities /	19	2019	Lecture Notes in Computer

	Schembri, M., & Miglino, O.		Federico II	Natural and Artificial Cognition			Science (IWINAC)
--	-----------------------------	--	-------------	----------------------------------	--	--	------------------

Fuente: elaboración propia.

Al indagar en los enfoques con mejores resultados, la literatura sugiere que la clave no reside en la saturación de los sentidos, sino en una gestión equilibrada de la carga cognitiva. En esta línea, el metaanálisis de Lyu y Deng (2024) destaca que las intervenciones con mayor impacto suelen ser aquellas que utilizan estrategias corporales dirigidas (como el seguimiento con los dedos o gestos específicos), puesto que ayudan a no sobrecargar la memoria de trabajo. Por otro lado, los métodos de entrenamiento "visuo-audio-motor" muestran una tendencia favorable al vincular la acción física con retroalimentación auditiva y visual; en estos casos, el cuerpo parece funcionar como un anclaje físico que facilita la codificación de conceptos abstractos (Gori et al., 2021; 2022).

Sobre las estrategias para fomentar la visualización y el razonamiento geométrico, la revisión expone un tránsito interesante: el paso de la manipulación concreta a la intuición espacial. Estudios como el de Marlair et al. (2021) sugieren que tareas de detección de figuras intrusas, realizadas bajo una modalidad estrictamente táctil, favorecen el desarrollo de nociones sobre simetría y propiedades métricas. A esto se suma el papel de los mediadores lúdicos, donde la exploración con elementos naturales (Skalstad et al., 2025) o el uso de varillas de bambú para redibujar formas planas (Mutmainah et al., 2024) aparecen como andamiajes efectivos. Bajo este enfoque, la visualización deja de entenderse como un proceso meramente ocular; pasa a ser una reconstrucción mental que encuentra en el tacto y la propiocepción sus principales soportes.

El despliegue de estas estrategias en el aula se apoya en un abanico diverso de recursos, abarcando desde prácticas analógicas de bajo costo hasta interfaces computacionales de vanguardia. En el terreno tecnológico, cobran relevancia propuestas como RobotAngle, donde el uso de sensores tipo Kinect permite que el estudiante experimente la apertura de ángulos mediante el movimiento de sus propios brazos (Gori et al., 2021). Asimismo, se identifican entornos híbridos como Flatlandia Creatures, diseñados para vincular bloques físicos con representaciones digitales de manera simultánea (Ponticorvo et al., 2019); en ambos casos, la tecnología no es un fin en sí misma, sino el puente que conecta la acción corporal con el concepto geométrico.

No obstante, las prácticas de aula más consistentes no dependen exclusivamente de la tecnología, sino de la estructuración pedagógica: el diálogo colaborativo, la manipulación de material concreto y la verbalización guiada emergen como las dinámicas de trabajo fundamentales para garantizar la transición desde la experiencia encarnada hacia la abstracción geométrica.

Limitaciones del estudio

Al examinar la producción científica más reciente sobre el aprendizaje encarnado y la sensorialidad, emergen restricciones metodológicas que deben considerarse para situar el alcance de cualquier propuesta pedagógica. Una de las limitaciones más recurrentes es la focalización de las muestras; la tendencia hacia tamaños reducidos o contextos escolares sumamente específicos condiciona la transferibilidad de los hallazgos a otros ecosistemas educativos (Gori et al., 2022; Skalstad et al., 2025; Mutmainah et al., 2024). Asimismo, gran parte de la literatura reporta efectos inmediatos sin integrar seguimientos longitudinales que permitan verificar si la consolidación del razonamiento espacial mediado por los sentidos posee estabilidad temporal (Gori et al., 2022; Marlair et al., 2021).

Sin embargo, se observa una brecha en la delimitación de los constructos analizados. Es frecuente que la literatura se enfoque en aspectos reducidos, tales como la representación de figuras planas o

experiencias bajo un estricto control experimental. Esta tendencia parece haber postergado el abordaje de dimensiones de mayor complejidad, entre las que destacan el pensamiento espacial tridimensional o el potencial de tecnologías que amplíen la percepción sensorial en escenarios educativos menos restrictivos (Mutmainah et al., 2024; Marlair et al., 2021).

La identificación de estas brechas permite delimitar el marco de acción de esta propuesta, orientada específicamente al trabajo con dos grupos de grado décimo. Más que buscar una generalización estadística universal, la investigación se compromete con la producción de conocimiento situado; es decir, un análisis profundo que reconozca las particularidades de la realidad escolar. En este sentido, el estudio de caso se torna esencial para capturar la "ecología del aula", aportando hallazgos que dialoguen directamente con la praxis docente y con escenarios donde la mediación de los sentidos se constituye como el eje del aprendizaje (Skalstad et al., 2025; Gori et al., 2022).

Trabajos futuros

El estado del arte aquí expuesto trasciende la simple consolidación de hallazgos; traza, en realidad, una hoja de ruta sobre los desafíos que aún enfrenta la educación matemática. Uno de los vacíos más evidentes se halla en la falta de diversidad geográfica de los nichos de implementación. Mientras la literatura reciente se concentra de forma mayoritaria en ecosistemas europeos y asiáticos, el escenario latinoamericano sigue siendo un territorio poco transitado en investigaciones sobre cognición encarnada (Lyu & Deng, 2024; Skalstad et al., 2025). Ante esta disparidad, resulta imperativo validar estrategias que logren dialogar con las realidades socioeducativas propias de nuestra región.

En lo que respecta a la metodología, el área exige un giro hacia investigaciones con mayor estabilidad en el tiempo. Se hace necesario diseñar protocolos capaces de contrastar la eficacia de los enfoques multisensoriales frente a los modelos tradicionales mediante seguimientos longitudinales; el objetivo es garantizar que la evolución de la intuición espacial sea profunda y no un simple efecto pasajero ante la novedad del estímulo (Gori et al., 2022; Marlair et al., 2021). De igual modo, surge la oportunidad de ampliar los contenidos curriculares. Es momento de ir más allá de los constructos bidimensionales para explorar la percepción del volumen y el espacio tridimensional, creando recursos táctiles que potencien, de forma específica, el razonamiento en alumnos videntes (Mutmainah et al., 2024; Marlair et al., 2021).

En un sentido pedagógico más profundo, el porvenir de la investigación en este campo invita a indagar en la dimensión ontológica del cuerpo y el movimiento. El reto consiste en dejar de concebir la sensorialidad como un simple recurso periférico; por el contrario, debe asumirse como el núcleo mismo del fenómeno cognitivo (Skalstad et al., 2025). Bajo esta visión, el trabajo aquí propuesto intenta acortar dicha distancia mediante una intervención anclada en la realidad colombiana. Aquí, el movimiento, el diálogo y el tacto se entrelazan con el propósito de convertir la visualización en una experiencia activa y con sentido para los jóvenes de secundaria.

CONCLUSIONES

Los hallazgos permiten identificar una relación favorable entre el uso de enfoques multisensoriales y la consolidación de competencias geométricas. La literatura internacional sugiere que una orquestación equilibrada de estímulos visuales, auditivos y táctiles no solo dinamiza la carga cognitiva; también parece dotar al aprendizaje de una solidez que perdura en el tiempo, favoreciendo un compromiso más profundo en el estudiantado de secundaria (Gori et al., 2021; Marlair et al., 2021).

Más allá de la simple manipulación de objetos, la efectividad de estas estrategias reside en un andamiaje cognitivo deliberado; se requiere una mediación clara que conecte la vivencia táctil-motriz con la formalización geométrica. Al cruzar hallazgos de corte cualitativo y cuantitativo, se observa que

el éxito del proceso no es automático, sino que depende de secuencias didácticas capaces de guiar al estudiante en ese tránsito. Lo fundamental aquí es garantizar que el estímulo sensorial logre decantar en una comprensión real de las propiedades espaciales, evitando que la experiencia se quede en lo puramente anecdótico (Skalstad et al., 2025; Mutmainah et al., 2024).

El análisis revela un vacío epistemológico que no puede pasarse por alto: la escasa producción sobre enfoques encarnados en el contexto latinoamericano. Al estar la literatura reciente dominada por experiencias en ecosistemas europeos y asiáticos (Lyu & Deng, 2024; Skalstad et al., 2025), la realidad de nuestra región permanece en la periferia de este debate. En este escenario, el presente estudio se plantea como un esfuerzo por generar conocimiento situado en Colombia, explorando cómo la integración de la sensorialidad en el aula puede configurarse como una respuesta pedagógica viable y pertinente, ajustada a las particularidades y desafíos que comparten las instituciones educativas de la región.

A partir de lo expuesto, se hace necesaria la replicación de investigaciones basadas en estímulos multisensoriales, apostando por muestras de mayor escala y métricas estandarizadas que logren capturar la estabilidad de los hallazgos a largo plazo. Más allá de los números, cobra relevancia la necesidad de documentar con rigor la fidelidad de cada implementación; solo así se podrá desentrañar cómo las variaciones en la mediación sensorial inciden en la construcción del aprendizaje (Gori et al., 2021). Estas reflexiones aspiran a servir de insumo para quienes diseñan currículos de geometría, invitándoles a transitar hacia modelos donde la interacción física con el conocimiento deje de ser un recurso periférico y se convierta en el eje de una enseñanza más inclusiva y con sentido.

REFERENCIAS

- Abrahamson, D. (2017). Embodiment and mathematics learning. En K. Peppler (Ed.), *The SAGE encyclopedia of out-of-school learning* (pp. 245–248). SAGE. DOI: <http://dx.doi.org/10.4135/9781483385198.n98>
- Arias Ortiz, E., Bos, M. S., Giambruno, C., y Zoido, P. (2023). América Latina y el Caribe en PISA 2022: ¿Cómo le fue a la región? Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://doi.org/10.18235/0005318>
- Blomhøj, M. (2020). Mathematical Modeling in Mathematics Education. En S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of Mathematics Education* (2.ª ed., pp. 565–571). Springer.
- Boaler, J. (2022). *Mathematical Mindsets: Unleashing Students' Potential through Creative Mathematics, Inspiring Messages and Innovative Teaching* (2nd ed.). Jossey-Bass. DOI: 0.1080/14794802.2016.1237374
- Calderón, M. A., y Moreno-Armella, L. E. (2022). Interacción con representaciones dinámicas para argumentar sobre la validez de una construcción geométrica. En A. E. Lischka, E. B. Dyer, R. S. Jones, J. N. Lovett, J. Strayer, y S. Drown (Eds.), *Proceedings of the forty-fourth annual meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (pp. 544–552). Middle Tennessee State University.
- Duval, R. (1998). Geometry from a cognitive point of view. In C. Mammana & V. Villani (Eds.), *Perspectives on the teaching of geometry for the 21st century* (pp. 37–52). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Duval, R. (2017). Understanding the mathematical way of thinking – The registers of semiotic representations. Springer.
- Fajardo-Santamaría, J. A. (2022). La cognición 4E para el aprendizaje matemático en pospandemia: una revisión sistemática. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 20(3), 1–26. <https://doi.org/10.11600/rlcsnj.20.3.5328>
- Fernández Blanco, T. (2013). La investigación en visualización y razonamiento espacial: Pasado, presente y futuro. En A. Berciano, G. Gutiérrez, A. Estepa y N. Climent (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XVII* (pp. 19–43). SEIEM.
- Gamboa Araya, R., y Ballesteros Alfaro, E. (2010). La enseñanza y aprendizaje de la geometría en secundaria, la perspectiva de los estudiantes. *Revista Electrónica Educare*, 14(2), 125–142. <https://doi.org/10.15359/ree.14-2.9>
- Godino, J. D., Batanero, C., & Font, V. (2007). The onto-semiotic approach to research in mathematics education. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 39(1-2), 127–135. DOI: 10.1007/s11858-006-0004-1
- Gori, M., Price, S., Newell, F. N., Berthouze, N., & Volpe, G. (2022). Multisensory perception and learning: Linking pedagogy, psychophysics, and human–computer interaction. *Multisensory Research*, 35(4–5), 335–366. <https://doi.org/10.1163/22134808-bja10072>
- Gori, M., Volta, E., Volpe, G., Cuturi, L. F., & Cappagli, G. (2021). Embodied multisensory training for learning in primary school children. En *2021 10th International Conference on Development and Learning (ICDL)* (pp. 52-57). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICDL49984.2021.9515596>

- Grootenboer, P., & Marshman, M. (2016). Mathematics, affect and learning: Middle school students' beliefs, attitudes and emotions. Springer. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-981-287-679-9>
- Gutiérrez, A. (2016). Visualization in Geometry: A Survey of Main Research Outcomes. En Á. Gutiérrez, G. C. Leder, & P. Boero (Eds.), *The Second Handbook of Research on the Psychology of Mathematics Education: The Journey Continues* (pp. 453–507). Sense Publishers. <https://doi.org/10.1007/978-94-6300-561-6>
- Hannula, MS (2019). Afecto en la Educación Matemática. En: Lerman, S. (eds.) *Enciclopedia de Educación Matemática*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77487-9_174-5
- ICFES. (2023). Informe nacional de resultados Saber 11° 2023. Bogotá: Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación. <https://www.icfes.gov.co/>
- Lyu, C., & Deng, S. (2024). Effectiveness of embodied learning on learning performance: A meta-analysis based on the cognitive load theory perspective. *Learning and Individual Differences*, 116, 102564. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2024.102564>
- Mainali, B. (2021). Representation in teaching and learning mathematics. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 9(1), 1–21. <https://doi.org/10.46328/ijemst.1111>
- Marchis, I. (2012). Preservice primary school teachers' elementary geometry knowledge. *Acta Didactica Napocensia*, 5(2), 33-40. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1054293.pdf>
- Marlair, C., Pierret, E., & Crollen, V. (2021). Geometry intuitions without vision? A study in blind children and adults. *Cognition*, 216, 104861. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2021.104861>
- Mutmainah, S., Siswono, T. Y. E., & Abadi, A. (2024). Development of a pictorial representation measurement tool specifically for blind students in junior high school. *Hrvatska Revija za Rehabilitacijska Istraživanja*, 60(1), 11–24. <https://doi.org/10.31299/hrri.60.1.24>
- OCDE. (2023). PISA 2022 Results (Volume I): The state of learning worldwide. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Systematic reviews*, 10(1), 1-11.
- Pérez, S., y Guillén, G. (2009). Planteamiento de un proyecto de investigación sobre la enseñanza de la geometría en secundaria a través de diferentes enfoques. En M. J. González, M. T. González, y J. Murillo (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XIII* (pp. 355-366). Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática (SEIEM).
- Ponticorvo, M., Schembri, M., & Miglino, O. (2019). How to improve spatial and numerical cognition with a game-based and technology-enhanced learning approach. En J. M. Ferrández Vicente et al. (Eds.), *International Work-Conference on the Interplay Between Natural and Artificial Computation (IWINAC)* (pp. 32–41). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-19591-5_4
- Radford, L. (2021). *The Theory of Objectification: A Vygotskian Perspective on Knowing and Becoming in Mathematics Education*. Brill.
- Shvarts, A., & Abrahamson, D. (2019). Dual-eye-tracking Vygotsky: A microgenetic account of a teaching/learning collaboration in an embodied-interaction technological tutorial for mathematics. *Learning, Culture and Social Interaction*, 22, 100316. DOI: 10.1016/j.lcsi.2019.05.003

Skalstad, I., Bjerknes, AL. & Svendsen, S. Dinosaurs, Mushrooms, and Geometric Forms - Conversations with Young Children About Natural Science and Mathematics. *Early Childhood Educ J* 54, 603–617 (2025). <https://doi.org/10.1007/s10643-025-01850-w>

Ziatdinov, R., y Valles, J. R. (2022). Synthesis of Modeling, Visualization, and Programming in GeoGebra as an Effective Approach for Teaching and Learning STEM Topics. *Mathematics*, 10(3), 398. <https://doi.org/10.3390/math10030398>

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons 