

Revisión sistemática sobre la instrucción y el aprendizaje de matemática en educación secundaria y universitaria¹

Systematic review of mathematics teaching and learning in secondary and higher education
Revisão sistemática do ensino e da aprendizagem da matemática no ensino médio e superior

Página | 1

Joaquim Valls Morató*²
Euncet Business School, España

Fecha de Recepción: 25-11-2025 Fecha de Aceptación: 26-06-2026

Autor de correspondencia: Joaquim Valls Morató, joaquim.valls@gmail.com

Cómo citar:

Valls M., J. (2026). Revisión sistemática de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas en la educación secundaria y superior. *Revista Científica Cuadernos de Investigación*, 4, e63, 1-23. <https://doi.org/10.59758/rcci.2026.4.e63>

Resumen

Introducción: la instrucción de las matemáticas representa un desafío constante debido a la elevada carga cognitiva que implica el procesamiento de conceptos abstractos. La limitada memoria de trabajo dificulta la comprensión durante las sesiones presenciales, especialmente cuando no se emplean estrategias instruccionales adecuadas. **Objetivo:** esta revisión sistemática tiene como propósito analizar la interrelación entre carga cognitiva, memoria de trabajo, ansiedad matemática y métodos de instrucción de las matemáticas en educación superior. **Método:** se ha seguido el protocolo PRISMA realizando búsquedas en tres bases de datos académicas (Web of Science, Scopus y ERIC). Se aplicaron criterios PICO ajustados para seleccionar 25 estudios empíricos publicados entre 2020 y 2025. **Resultados:** los hallazgos muestran que la gestión adecuada de la carga cognitiva potencia el rendimiento académico al optimizar la utilización de la memoria de trabajo. Además, se evidencia el papel modulador de la ansiedad matemática sobre el funcionamiento de esta. **Conclusiones:** la integración de enfoques pedagógicos basados en principios cognitivos mejora la comprensión matemática, favorece la consolidación en la memoria y reduce la carga cognitiva innecesaria. Se destaca la importancia de formar al profesorado en estrategias de gestión cognitiva y de atender a los factores afectivos.

Palabras clave: enseñanza de las matemáticas; memoria de trabajo; métodos de enseñanza; ansiedad matemática.

¹ Copyright: © 2026, Valls. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo la licencia **Creative Commons de Atribución No Comercial 4.0**. Permite su uso sin restricciones, su distribución y reproducción por cualquier medio, siempre que no se haga con fines comerciales y el trabajo original sea fielmente citado.

² <https://orcid.org/0009-0005-3414-930X>

Abstract

Introduction: Mathematics instruction represents a constant challenge due to the high cognitive load involved in processing abstract concepts. Limited working memory hinders comprehension during in-person sessions, especially when appropriate instructional strategies are not employed. **Objective:** This systematic review aims to analyse the interrelationship among cognitive load, working memory, mathematical anxiety, and mathematics instruction methods in higher education. **Method:** The PRISMA protocol was followed, conducting searches in three academic databases (Web of Science, Scopus, and ERIC). PICO criteria were applied to select 25 empirical studies published between 2020 and 2025. **Results:** The findings show that proper management of cognitive load enhances academic performance by optimizing the use of working memory. Additionally, the modulating role of mathematical anxiety on working memory functioning is evidenced. **Conclusions:** The integration of pedagogical approaches based on cognitive principles enhances mathematical understanding, promotes memory consolidation, and reduces unnecessary load. The importance of training teachers in cognitive management strategies and attending to affective factors is highlighted.

Keywords: mathematics teaching; Working memory; Teaching methods; Math anxiety.

Resumo

Introdução: O ensino da matemática representa um desafio constante devido à elevada carga cognitiva (CC) envolvida no processamento de conceitos abstratos. A limitada memória de trabalho dificulta a compreensão durante as aulas presenciais, especialmente quando não se utilizam estratégias instrucionais adequadas. **Objetivo:** Esta revisão sistemática tem como propósito analisar a inter-relação entre carga cognitiva, memória de trabalho, ansiedade matemática e métodos de ensino da matemática no ensino superior. **Método:** Seguiu-se o protocolo PRISMA, realizando buscas em três bases de dados acadêmicas (Web of Science, Scopus e ERIC). Foram aplicados critérios PICO ajustados para selecionar 25 estudos empíricos publicados entre 2020 e 2025. **Resultados:** Os achados mostram que a gestão adequada da carga cognitiva potencializa o desempenho acadêmico ao otimizar a utilização da memória de trabalho. Além disso, evidencia-se o papel modulador da ansiedade matemática sobre o funcionamento desta. **Conclusões:** A integração de enfoques pedagógicos baseados em princípios cognitivos melhora a compreensão matemática, favorece a consolidação na memória e reduz a carga cognitiva desnecessária. Destaca-se a importância de formar o professorado em estratégias de gestão cognitiva e de considerar os fatores afetivos.

Palavras Chave: ensino da matemática; Memória de trabalho; Métodos de ensino; Ansiedade matemática.

Introducción

El aprendizaje de las matemáticas en educación secundaria y universitaria supone un reto tanto para docentes como para estudiantes, debido a la elevada carga cognitiva (CC) que implica para estos últimos el procesamiento y la retención de conceptos numéricos. Durante las sesiones de clase, la memoria de trabajo (MT) de los alumnos se convierte en una de las principales limitaciones para la comprensión de los contenidos, ya que su capacidad es reducida y puede saturarse rápidamente (Martínez, 2023).

La memoria de trabajo (MT) se define como un sistema de capacidad limitada que permite el mantenimiento y la manipulación temporal de información necesaria para tareas cognitivas complejas como la comprensión, el aprendizaje y el razonamiento (Baddeley, 2012).

Considerando que la MT es el espacio mental donde se produce el aprendizaje (Gathercole & Alloway, 2008), esta memoria es la auténtica restricción para comprender aquellas actividades que requieren un proceso mental elevado (Dehaene, 2016), de manera que las dificultades de aprendizaje, sobre todo en matemáticas, a menudo están asociadas con déficits en la MT.

En este sentido, diversos estudios han mostrado cómo los niños con trastornos del aprendizaje, por ejemplo, discalculia, presentan dificultades significativas en tareas que requieren el uso eficiente de la MT (Gathercole & Alloway, 2008; Passolunghi & Caviola, 2021). Asimismo, la MT está estrechamente vinculada con el conocimiento almacenado en la memoria a largo plazo, de modo que los estudiantes con una base conceptual más sólida pueden procesar mejor la nueva información (Cowan, 2008).

Por su parte, la teoría de la CC (Sweller, 1988), postula que, debido a la limitada capacidad de la MT, el aprendizaje se ve facilitado cuando se presentan la información y las tareas de manera que sean fáciles de procesar y comprender. La CC y la MT son conceptos fundamentales en la psicología cognitiva y tienen importantes implicaciones en el ámbito educativo y en el diseño de la instrucción. Así, Sweller (1988), ha identificado tres tipos de CC:

1. *CC intrínseca*: se refiere a la complejidad inherente del material de aprendizaje, determinada por la interacción entre la naturaleza del contenido y el conocimiento previo del estudiante (Chen et al., 2023; Sweller et al., 2011). Esta carga es inherente porque no puede reducirse sin simplificar el contenido mismo, aunque sí puede gestionarse (van Merriënboer et al., 2003).
2. *CC extrínseca*: se refiere al esfuerzo mental generado por elementos no esenciales en el diseño instruccional o la presentación de contenidos, como interfaces confusas, instrucciones redundantes o contextos distractores (Sweller et al., 2011). Esta carga puede eliminarse mediante un diseño eficiente del material docente.
3. *CC germinal*: se refiere al esfuerzo mental dedicado exclusivamente a la creación y automatización de esquemas cognitivos, proceso fundamental para el aprendizaje significativo (Sweller et al., 2011; van Merriënboer & Sweller, 2005). A diferencia de las cargas anteriores, la germinal se enfoca en la internalización de patrones mentales que permiten transferir conocimientos a nuevos contextos (González et al., 2021). Incluye: la formación de esquemas; la automatización, es decir, convertir los pasos en procedimientos fluidos que requieren menos atención consciente (Chen et al., 2023; Dehae-

ne, 2016); y la transferencia, lo que permite aplicar el esquema aprendido a problemas más complejos.

Si las estrategias de enseñanza no están diseñadas para gestionar adecuadamente la CC, la MT se satura, dificultando o incluso impidiendo la asimilación de nuevos conceptos. Esta relación entre la MT, la CC y el aprendizaje de las matemáticas ha sido explorada en profundidad por Sweller et al. (2023), quienes subrayan la importancia de diseñar estrategias de enseñanza que optimicen el uso de la MT para facilitar la comprensión y retención de conceptos matemáticos complejos.

En este sentido, estudios recientes han confirmado que una adecuada gestión de la carga cognitiva mejora significativamente los resultados académicos en matemáticas (Barbieri et al., 2023; Lee & Ayres, 2024; Tello et al., 2025). Además, Sweller et al. (2011) destacan que, automatizar procedimientos básicos libera recursos cognitivos para tareas más complejas.

Asimismo, la relación entre la CC y la MT es esencial para entender cómo se procesa la información y cómo se puede optimizar el aprendizaje. Cuando aquella supera la capacidad de esta, el aprendizaje se ve comprometido. Así, Paas & van Merriënboer (1994) y Van Gog et al. (2008) muestran que la reducción de la CC extrínseca mediante ejemplos resueltos estructurados y la segmentación de información optimiza la capacidad de la MT. Por lo tanto, es fundamental diseñar materiales educativos que minimicen la CC extrínseca y optimicen la CC germinal (Paas & van Merriënboer, 1994). Los conceptos matemáticos, como ejemplo paradigmático de materia con una elevada CC intrínseca, a menos que se secuencien de modo adecuado, pueden llegar, como se ha indicado, a saturar la MT (Sweller, 1988). Ahora bien, no lo hacen de la misma manera en cada uno de los alumnos, ya que se dan diferencias significativas entre ellos (Alloway & Alloway, 2014). Esto explica que tan solo aquellos estudiantes con una mayor capacidad de MT puedan atender y entender las explicaciones del docente de asignaturas numéricas.

Dada la importancia de optimizar los procesos de aprendizaje en asignaturas numéricas, se hace necesario analizar cómo la gestión de la CC y el uso de estrategias de instrucción/aprendizaje innovadoras pueden facilitar la transferencia de conocimientos a la memoria a largo plazo.

El estudio de los factores cognitivos en la educación matemática es de gran interés, ya que el rendimiento académico en esta área no depende únicamente de la calidad de la enseñanza, sino también de los procesos cognitivos mediante los cuales los estudiantes procesan y almacenan la información. En este sentido, investigaciones recientes muestran que una adecuada gestión de la CC por parte del profesorado puede mejorar significativamente tanto la retención como la aplicación del conocimiento matemático (Gupta, 2020; Valderrama, 2021).

Esta revisión sistemática ofrece un marco teórico para fundamentar futuras investigaciones y orientar la práctica docente, al examinar la interacción entre la MT, la CC y diversos enfoques de enseñanza-aprendizaje en matemáticas. Al analizar cómo se interrelacionan estos elementos, se identifican estrategias que mejoran la comprensión inmediata, optimizan el estudio, reducen la frustración del alumnado y favorecen la retención a largo plazo (Paas & Sweller, 2003). Además, este estudio contribuye a la literatura

existente al sintetizar la evidencia disponible sobre la interrelación de estos factores, identificando tanto las estrategias pedagógicas más efectivas como las lagunas en la investigación actual.

Si bien se han encontrado diversas revisiones de literatura científica que exploran algunos de los temas abordados en este trabajo de forma aislada, esta revisión sistemática pretende aportar una nueva perspectiva global sobre la instrucción/aprendizaje en la educación matemática a niveles superiores.

Gutiérrez-Guillén et al. (2023), por ejemplo, en su revisión sistemática, analizan el uso de la tecnología en la enseñanza de las matemáticas en el Nivel Medio Superior (NMS) y su impacto en la reducción de los índices de reprobación. Examinan estrategias tecnológicas como plataformas digitales, simulaciones interactivas y software especializado para mejorar la comprensión y el desempeño académico de los estudiantes. El estudio revisa investigaciones previas sobre metodologías digitales aplicadas en educación matemática, destacando aquellas que han demostrado ser efectivas para optimizar el aprendizaje y la retención del conocimiento. Los hallazgos sugieren que la integración de herramientas tecnológicas en la enseñanza puede contribuir a mejorar la motivación estudiantil y los resultados académicos, aunque se señala la necesidad de más estudios que evalúen estos resultados.

Por su parte, Ruiz et al. (2021) se centran en identificar estrategias, métodos, aspectos intrapersonales y herramientas relacionadas con el aprendizaje remoto de las matemáticas, en una revisión sistemática que abarca el período 2018-2020, incluyendo el inicio de la pandemia de COVID-19. Los hallazgos principales de la investigación (emociones mixtas en estudiantes y docentes y predominio de plataformas síncronas como Zoom y Google Meet) se dan en el ámbito del aprendizaje a distancia

En relación con la MT, Puma et al. (2024) han publicado una revisión sistemática centrada en factores cognitivos y emocionales durante el período 2013–2023. Su principal aportación consiste en evidenciar que esta función ejecutiva desempeña un papel determinante en el desempeño educativo, hasta el punto de considerarla un predictor fiable del rendimiento académico.

En cuanto a la CC en matemáticas, Tello et al. (2025) analizan en su estudio una serie de publicaciones aparecidas entre 1994 y 2024, y destacan su correlación con el rendimiento académico en esta asignatura. El trabajo ofrece aportaciones relevantes para el diseño de estrategias didácticas e intervenciones educativas, subrayando la importancia de incorporar enfoques cognitivos que fomenten la comprensión conceptual y minimicen las barreras emocionales. Aunque comparten con el presente trabajo la preocupación por optimizar la instrucción matemática mediante principios cognitivos, su revisión se centra en la relación general entre CC y rendimiento, sin profundizar en la interacción entre MT, estrategias de enseñanza y transferencia del conocimiento a largo plazo. Tampoco especifica los niveles educativos analizados. En cambio, la presente revisión sistemática se delimita a los niveles secundario y universitario, integra tanto los principios de la CC como el papel de la MT, y explora su conexión con métodos innovadores de enseñanza, lo que permite un enfoque más completo y aplicable a la mejora de la práctica docente.

El exhaustivo metaanálisis de Finell et al. (2021) representa una de las evidencias más robustas de la correlación inversa entre ansiedad matemática (AM) y rendimiento académico en esta materia. A partir de 57 estudios primarios, los autores cuantificaron una correlación de $r = -0.168$, con un efecto indirecto mediado

por la MT. Esto sugiere que la ansiedad interfiere en la capacidad cognitiva al consumir recursos mentales necesarios para el procesamiento eficiente de la información.

Por lo que se refiere a las estrategias docentes para impartir matemáticas, Cruz (2022) lleva a cabo una revisión bibliográfica exhaustiva en la que se hace hincapié sobre el uso de métodos productivos y creativos que fomentan la reflexión y motivación de los estudiantes de secundaria. Se propone la implementación de procedimientos heurísticos que articulen los saberes matemáticos durante la fijación de conceptos, y se recomienda la incorporación de estrategias interactivas que faciliten el diálogo con el alumnado y permitan una mayor participación en la construcción de su aprendizaje.

Por último, Verde et al. (2024) llevaron a cabo una revisión sistemática que abarca el período 2020-2024, cuyo objetivo es identificar y estudiar metodologías innovadoras en la enseñanza de la matemática, analizando su efectividad para mejorar la comprensión y el rendimiento de los estudiantes. En concreto, investigan la literatura sobre la gamificación, el aprendizaje basado en proyectos y el aula invertida.

En línea con la creciente relevancia de los factores cognitivos en la educación matemática y la identificación de vacíos en la investigación, esta revisión sistemática se presenta como un aporte innovador en este campo. Así, la aportación diferencial de la misma radica en su enfoque integral, ya que analiza de forma conjunta la gestión de la CC y las estrategias de instrucción/aprendizaje en dos niveles educativos críticos -secundaria y universitario-, lo cual contrasta con estudios previos que se han limitado a examinar estos aspectos en contextos aislados (por ejemplo, únicamente en enseñanza secundaria o en modalidades remotas).

Este estudio no solo evalúa cómo las limitaciones de la MT afectan el aprendizaje de las matemáticas, sino que también considera cómo la ansiedad matemática (AM) puede dificultar dicho aprendizaje al interferir en los procesos cognitivos implicados. Asimismo, se investiga la gestión de la carga cognitiva (CC) en el aula por parte de los docentes, así como la transformación del conocimiento a corto plazo en aprendizaje a largo plazo mediante el contraste de métodos de instrucción/aprendizaje tradicionales e innovadores. De esta manera, se cierra una brecha en la literatura existente al ofrecer una perspectiva comparativa y global que puede orientar el diseño de intervenciones pedagógicas más efectivas en distintos niveles educativos.

Metodología

Esta revisión sistemática ha sido elaborada siguiendo la guía PRISMA 2020 (Page et al., 2021), contemplando fases procedimentales rigurosas de identificación, cribado e inclusión (Moraga y Cartes-Velásquez, 2015). Para establecer los criterios de inclusión y exclusión, se ha empleado el modelo PICO.

Criterios PICO y pregunta de investigación

- P (Población): Estudiantes de educación secundaria o universitaria.
- I (Intervención): Estrategias de instrucción/aprendizaje de las matemáticas.
- C (Comparación): Métodos tradicionales o alternativos sin enfoque cognitivo explícito.

- O (Resultados): Rendimiento académico en matemáticas en relación con la carga cognitiva, memoria de trabajo y la ansiedad matemática.

Con base en esta estructura, la pregunta de investigación queda formulada del siguiente modo: ¿Cómo influyen las estrategias docentes de gestión de la CC, dirigidas a mitigar las limitaciones de la MT y la AM, influyen en la adquisición y consolidación del conocimiento matemático en estudiantes de educación secundaria y universitaria, en comparación con los métodos tradicionales de enseñanza-aprendizaje?

Fase 1: Identificación

La búsqueda en las bases de datos de Web of Science, Scopus y ERIC que fue iniciada y cerrada el 23 de abril de 2025. El procedimiento de búsqueda consideró los trabajos publicados entre 2020 y 2024, a partir de palabras clave, replicadas en español e inglés que en la siguiente tabla se expresan como algoritmos de búsqueda en las bases de datos ya mencionadas.

Tabla 1. Algoritmos de búsqueda en español e inglés

Español	Inglés
("enseñanza de las matemáticas" OR "mathematics education") AND ("memoria de trabajo" OR "working memory") AND ("carga cognitiva" OR "cognitive load") AND ("métodos de instrucción" OR "instructional methods") AND ("educación secundaria" OR "secondary education" OR "educación universitaria" OR "higher education")	("mathematics education" OR "enseñanza de las matemáticas") AND ("working memory" OR "memoria de trabajo") AND ("cognitive load" OR "carga cognitiva") AND ("instructional methods" OR "métodos de instrucción") AND ("secondary education" OR "educación secundaria" OR "higher education" OR "educación universitaria")

Nota. Elaboración propia

El proceso de selección de estudios se llevó a cabo siguiendo las directrices PRISMA (Page et al., 2021), lo que garantizó la trazabilidad y transparencia en cada una de las fases del cribado. Para ello, se establecieron criterios de inclusión y exclusión claramente definidos, basados en el modelo PICO adaptado al objetivo de la revisión. la muestra y los resultados medidos. A continuación, se presentan los criterios establecidos (véase Tabla 2).

Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión basados en el modelo PICO ajustado

Elemento PICO	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
P (Población)	Docentes y estudiantes de matemáticas en educación secundaria y universitaria	muestras mixtas donde no sea posible aislar datos de docentes/estudiantes de matemáticas de secundaria/universidad;
I (Intervención)	Métodos de instrucción/aprendizaje que gestionan la carga cognitiva y la memoria de trabajo	Intervenciones sin componente instruccional implementado; acciones centradas solo en tecnología/infraestructura o gestión escolar sin vínculo con carga cognitiva/memoria de trabajo; descripciones teóricas sin aplicación en aula.
C (Comparación)	Comparación entre métodos tradicionales e innovadores basados en principios cognitivos	Estudios sin descripción explícita y replicable del método aplicado a un grupo; diseños puramente correlacionales/observacionales sin contraste de métodos.

O (Resultados)	Impacto sobre la carga cognitiva, la memoria de trabajo y el rendimiento matemático	Estudios que no midan resultados de aprendizaje matemático o métricas de carga cognitiva/memoria de trabajo; resultados exclusivamente actitudinales/satisfacción sin vínculo operativo con el aprendizaje.
Tipo de estudio	Estudios empíricos originales con análisis de datos	Preprints no revisados por pares cuando exista versión publicada; estudios con información metodológica insuficiente (p. ej., muestra o diseño no descrito)

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado fueron identificados un total de 442 registros distribuidos en tres bases de datos: WoS (n = 277), Scopus (n = 153) y ERIC (n = 12).

Fase 2: Cribado

Tras la eliminación de 87 registros duplicados, se conservaron 355 estudios únicos. En esta segunda fase, se procedió a la revisión de los títulos y resúmenes para aplicar los criterios de inclusión iniciales. Se descartaron los trabajos no relacionados con la enseñanza/aprendizaje de las matemáticas, aquellos sin enfoque cognitivo o centrados en otras disciplinas. Como resultado, se excluyeron 240 estudios: WoS (n=151), Scopus (n=88), ERIC (n= 1). Se conservaron 115 estudios para la lectura en texto completo.

Fase 3: Inclusión

Los 115 estudios restantes fueron evaluados en texto completo. En esta etapa se aplicaron criterios más estrictos para confirmar que cada investigación contara con un diseño empírico, hiciera referencia explícita a la MT, la AM, la CC o los métodos de instrucción, y que la población estudiada correspondiera a los niveles de educación secundaria o universitaria.

Tabla 3. Diagrama de flujo del proceso de búsqueda y selección de artículos.

Identificación	Cribado
Registros identificados en bases de datos (n = 442)	Registros cribados (n = 355)
Registros duplicados (n = 87)	Informes buscados para su recuperación (n = 115)
Registros tras eliminar duplicados (n = 355)	Informes no recuperados / sin acceso al texto (n = 0)
Evaluación de elegibilidad (texto completo)	Registros excluidos (n = 90)
Informes evaluados en texto completo (n = 115)	Revisiones sistemáticas o metaanálisis (n = 8)
	Fuera del área educativa (n = 22)
	Fuera del ámbito secundario/universitario (n = 29)
	Otros (sin variables cognitivas, diseño teórico, etc.) (n = 31)
Inclusión: estudios incluidos en la revisión (n = 25)	

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede advertir en la tabla 3, se excluyeron ocho revisiones sistemáticas o metaanálisis, y ocho estudios adicionales por no cumplir los criterios del modelo PICO (por ejemplo, población infantil, ausencia de variables cognitivas, diseño teórico o no educativo). Finalmente, 25 estudios fueron incluidos.

Tabla 4. Matriz de artículos finalmente seleccionados.

Autor, Año y País	Título	Metodología	Objetivo	Conclusiones
Arslan & Yavuz (2021). Turquía	The relationship between mathematics interest and mathematics achievement: Mediating roles of self-efficacy and mathematics anxiety.	Cuantitativa	Analizar la relación entre el interés por las matemáticas y el rendimiento académico.	La autoeficacia y la AM son variables mediadoras clave entre el interés y el rendimiento en matemáticas.
Avgerinou & Tolmie (2020) Reino Unido	Inhibition and cognitive load in fractions and decimals.	Cuantitativa	Analizar cómo la inhibición cognitiva y la CC influyen en la resolución de problemas con fracciones y decimales.	La inhibición es una habilidad cognitiva clave en el aprendizaje de matemáticas bajo alta demanda.
Azaiez (2023) Túnez	Predictive validity of cognitive load patterns in mathematical problem-solving stereotypical thinking in the inferential statistics course among psychology department students.	Cuantitativa	Analizar la validez predictiva de los tipos de CC sobre el pensamiento estereotipado en la resolución de problemas estadísticos.	Para mejorar el pensamiento matemático riguroso, es necesario reducir la carga extrínseca e incrementar la germinial mediante tareas bien diseñadas y significativas.
Brunn & Ufer (2022) Alemania	Comparing technologies in teaching training: A study on the impact of cognitive load and 360-degree videos on pre-service teachers' observations.	Cuantitativa	Comparar el impacto de los vídeos 360° frente a los tradicionales en la carga cognitiva y la observación pedagógica.	Aunque más exigentes, los vídeos 360° proporcionan experiencias formativas más inmersivas que benefician la adquisición de competencias docentes.
Cobb et al. (2023) Estados Unidos	An interdisciplinary learning community of education and psychology majors: Exploring perceptions of learning and teaching mathematics.	Cualitativa	Explorar cómo una comunidad interdisciplinaria de estudiantes de Educación y Psicología percibe el aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas.	La colaboración interdisciplinaria permite enriquecer la comprensión sobre cómo se aprende y se enseña matemáticas
de Mooij et al. (2020) Países Bajos y Reino Unido	Should online math learning environments be tailored to individuals' cognitive profiles?	Cuantitativa	Evaluar si los entornos digitales de aprendizaje deben adaptarse a los perfiles cognitivos individuales de los estudiantes.	La personalización del entorno educativo digital basada en el perfil cognitivo mejora tanto la eficiencia como la transferencia del aprendizaje.
Reinhold et al. (2021) Países Bajos	Considering teachers' beliefs, motivation, and emotions regarding teaching mathematics with digital tools: The effect of an in-service teacher training.	Cuantitativa	Analizar el efecto de una formación docente sobre creencias, motivación y emociones en relación con la enseñanza de las matemáticas.	La formación docente específica puede modificar creencias, reducir barreras emocionales y motivar el uso pedagógico de herramientas digitales en la enseñanza de las matemáticas.
Ei & Oo (2023) Myanmar	Effects of a working memory training program on secondary school students' mathematics achievement.	Cuantitativa	Evaluar el impacto de un programa de entrenamiento de la MT en el rendimiento matemático	El entrenamiento de la MT puede ser una estrategia efectiva para mejorar el rendimiento académico en matemáticas.
Fehringer & Was (2022) Estados Unidos	The relation between working memory and mathematics performance among students in math-intensive STEM programs.	Cuantitativa	Analizar la relación entre la MT y el rendimiento matemático en estudiantes de programas STEM con alta carga matemática	La MT es un predictor relevante del rendimiento matemático en contextos de alta exigencia cognitiva
Feng (2024) China	The impact of cloud technology and the MatLab app on the academic performance and cognitive load of further mathematics students	Cuantitativa	Analizar el efecto del uso combinado de tecnología en la nube y la aplicación MATLAB sobre el rendimiento académico matemático y la CC.	El uso de MATLAB apoyado por servicios en la nube mejora significativamente el rendimiento académico y reduce la CC extrínseca de los estudiantes.
Gupta & Zheng (2020) Estados Unidos	Cognitive load in solving mathematics problems: Validating the role of motivation and the interaction among prior knowledge, worked examples, and task difficulty.	Cuantitativa	Analizar el efecto conjunto de motivación, conocimiento previo, ejemplos trabajados y dificultad de la tarea en la CC durante la resolución de problemas.	Los efectos combinados de variables cognitivas y motivacionales deben tenerse en cuenta en el diseño de instrucción matemática.
Kahsay (2021) Etiopía	The effect of blended learning on mathematics cognitive demand and cognitive load in learning calculus of several variables at universities in Tigray, Ethiopia.	Cuantitativa	Examinar el efecto del aprendizaje combinado en la demanda cognitiva matemática y la carga cognitiva en estudiantes universitarios.	El <i>blended learning</i> es una estrategia eficaz para aumentar la implicación cognitiva y reducir la sobrecarga mental en el aprendizaje del cálculo.
Kaya & Dönmez (2022) Turquía	The effect of the online flipped learning model on secondary school students' academic achievement, attitudes towards their mathematics course.	Cuantitativa	Analizar el efecto del modelo <i>flipped learning</i> sobre el rendimiento académico y las actitudes hacia las matemáticas.	El modelo <i>flipped</i> en entornos virtuales contribuye a mejorar el rendimiento académico y la motivación del alumnado.
Kertil (2020) Turquía	Covariational reasoning of prospective mathematics teachers: How do dynamic animations affect?	Cuantitativa	Influencia de las animaciones dinámicas en el razonamiento covariacional de futuros docentes de matemáticas.	Las animaciones dinámicas son herramientas eficaces para promover el razonamiento covariacional en la formación de docentes.
Kuntze & Dreher (2021) Alemania	Comparing a digital and a non-digital embodied learning intervention in geometry: Can technology facilitate?	Cuantitativa	Comparar el rendimiento matemático tras una intervención corporal en geometría, con y sin tecnología digital.	Las tecnologías digitales pueden potenciar el aprendizaje corporal en geometría, especialmente en habilidades espaciales.
Liljedahl (2021) Canadá	Remembering learning mathematics – we can run but we can't hide. <i>ZDM – Mathematics Education</i> , 53, 1423–1432.	Cualitativa	Influencia de la instrucción activa en el recuerdo y consolidación del aprendizaje matemático.	La retención del aprendizaje matemático mejora cuando el aula se estructura para fomentar el pensamiento activo y la implicación del alumnado.
López-Aymes et al. (2021)	Cognitive and attitudinal factors involved in mathematical performance in	Cuantitativa	Relación de MT, atención ejecutiva, AM y autoeficacia con el rendimiento en	Los factores cognitivos y afectivos deben considerarse conjuntamente en la

México	high school students.		matemáticas.	predicción del rendimiento matemático. Se destaca el papel mediador de la memoria de trabajo.
Mubark et al. (2020) Jordania y Finlandia	Comparing math anxiety of scientific faculties students as related to achievement, and some variables.	Cuantitativa	Comparar niveles de AM en estudiantes de distintas facultades científicas y su relación con el rendimiento académico.	La AM influye de forma significativa en el rendimiento académico.
Nacar & Yaman (2021) Turquía	Evolution of pre-service mathematics teachers' spatial visualisation skills during a cognitive load theory-based education.	Cuantitativa	Evolución de la visualización espacial en futuros docentes de matemáticas tras formación basada en la teoría de la CC.	La teoría de la CC es un marco útil para diseñar intervenciones efectivas que desarrollen habilidades cognitivas específicas, como la visualización espacial, en la formación docente.
Nguyen et al. (2021) Australia	Checkpoints for online mathematics students with learning challenges.	Cualitativa	Percepción y uso de puntos de control en entornos de aprendizaje en línea por estudiantes con dificultades en matemáticas.	Las plataformas de aprendizaje deben incorporar puntos de control que ayuden a los estudiantes con desafíos cognitivos y emocionales a autogestionar su aprendizaje.
Pelegrina et al. (2020) España	Math anxiety and working memory updating: Difficulties in retrieving numerical information from working memory.	Cuantitativa	Analizar el impacto de la AM en la actualización de la MT, concretamente en la recuperación de información numérica.	La AM afecta la actualización de la MT, lo que repercute negativamente en el rendimiento matemático.
Ronney & Abu (2024) Malasia	Working memory and mathematics performance.	Cuantitativa	Relacionar la MT y el rendimiento matemático en estudiantes universitarios.	La MT es un factor fundamental en el rendimiento académico en matemáticas
Smith, et al. (2023) EEUU	Impact of cloud-based MATLAB on academic performance and cognitive load in advanced mathematics students	Cuantitativa	Evaluar el impacto del uso de MATLAB en la nube sobre el rendimiento académico y la CC de estudiantes de matemáticas avanzadas.	El uso de MATLAB basado en la nube mejora significativamente los resultados académicos y reduce la CC extrínseca.
Villamizar et al. (2020) Colombia	Relación entre ansiedad matemática y rendimiento académico en matemáticas en estudiantes de secundaria.	Cuantitativa	Establecer la relación entre la AM y el rendimiento académico en matemáticas.	La AM incide negativamente en el desempeño matemático.
Zhang & Li (2023) China	The impact of math anxiety on working memory and academic performance in high school students.	Cuantitativa	Analizar el efecto de la AM sobre el rendimiento académico, examinando el papel de la MT.	La MT explica parcialmente el impacto de la AM sobre el rendimiento académico.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados

Los 25 estudios incluidos en esta revisión sistemática presentan una notable diversidad metodológica, geográfica y temática, lo que enriquece el análisis de la interrelación entre carga cognitiva, memoria de trabajo, ansiedad matemática y métodos de instrucción

Diseño del estudio

Predominan los estudios con enfoque cuantitativo, en su mayoría de diseño cuasi-experimental o correlacional, aunque también se incluyen investigaciones experimentales factoriales (Gupta & Zheng, 2020) y estudios cualitativos (Liljedahl, 2021; Nguyen et al., 2021). Este pluralismo metodológico permite captar tanto la eficacia de intervenciones instruccionales como las percepciones del alumnado y del profesorado.

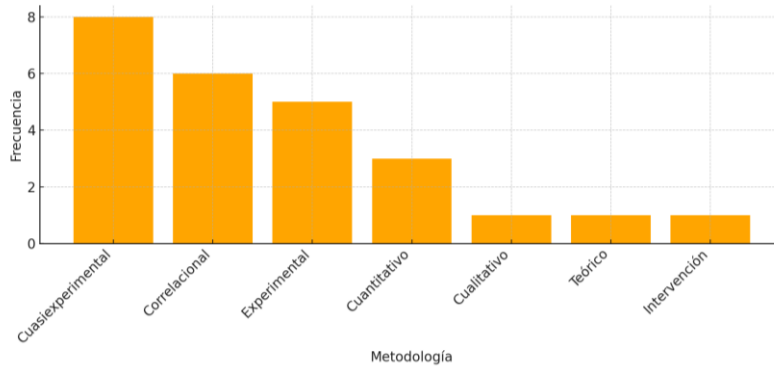


Figura 1. Distribución por tipo de estudio. Fuente: Elaboración propia.

Ámbito geográfico

La muestra de estudios incluye trabajos realizados en América (EE. UU., Colombia, México, Canadá), Europa (Reino Unido, Alemania, Finlandia, Países Bajos, Turquía), Asia (Myanmar, China, Jordania, Malasia), África (Etiopía, Túnez) y Oceanía (Australia). Esta diversidad aporta un enfoque intercultural al análisis de variables cognitivas en la enseñanza de las matemáticas.

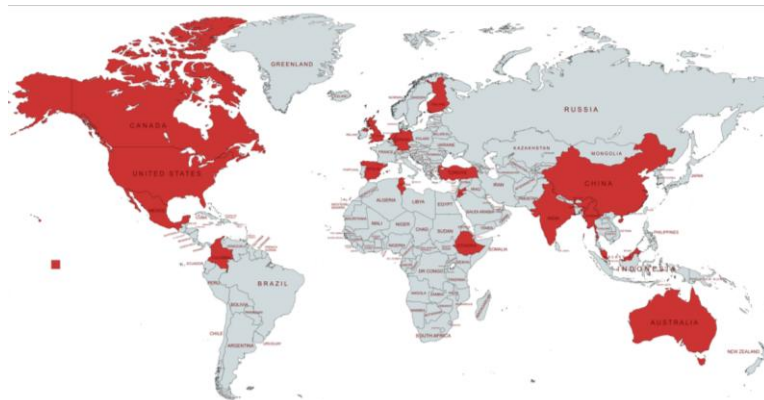


Figura 2. Mapa de los países participantes en el estudio. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados muestran que Estados Unidos ha desarrollado una mayor cantidad de estudios en relación con el tema en estudio, seguido de Turquía, y luego por Reino Unido, Alemania, Países Bajos y China, entre otros con presencia un poco más reducida.

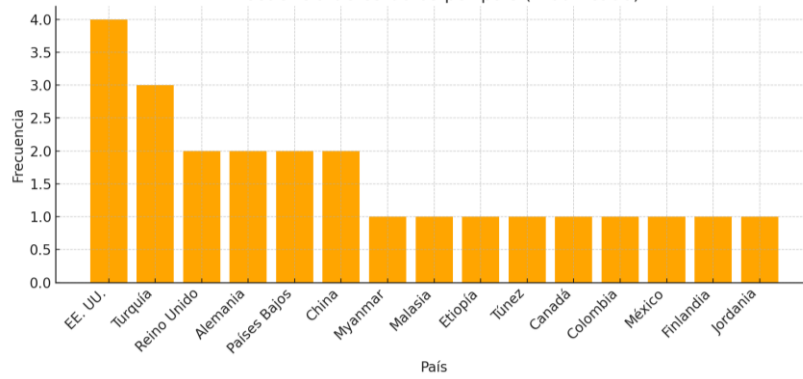


Figura 3. Distribución de los estudios por países. Fuente: Elaboración propia.

Población y nivel educativo

La mayoría de los estudios se centra en estudiantes de secundaria y universidad, y algunos se dirigen a futuros docentes (Kertil, 2020; Nacar & Yaman, 2021; Ziyen et al., 2024). También se incluyen estudios aplicados a profesorado en activo (Reinhold et al., 2021). En todos los casos, la muestra se ajusta al criterio PICO de población: alumnado o profesorado de nivel secundario o superior.

Variables estudiadas

- Los estudios abordan principalmente cuatro ejes temáticos:
- CC: Se evalúa en sus dimensiones intrínseca, extrínseca y germinal (Ali, 2021; Kahsay, 2021; Ziyen et al., 2024), asociándola al diseño instruccional, uso de tecnologías y formato de enseñanza.
- MT: Se analiza como variable predictiva (Fehringer & Was, 2022; Ronney & Abu, 2024), entrenable (Ei & Oo, 2023), o como mediadora entre emociones y rendimiento (Zhang & Li, 2023).
- AM: Aparece como variable explicativa del rendimiento (Mubark et al., 2020; Pelegrina et al., 2020; Villamizar et al., 2020), y se relaciona con la memoria de trabajo y la carga cognitiva.
- Tecnologías y métodos instruccionales. Varios estudios exploran la implementación de herramientas tecnológicas (Reinhold et al., 2021; Feng, 2024; Kuntze & Dreher, 2021) y modelos innovadores o el blended learning (Kahsay, 2021), que han demostrado ser eficaces en la reducción de la CC extrínseca y el aumento del rendimiento.

Tendencias clave

1. *Reducción de la CC extrínseca mediante estrategias instruccionales eficaces:* varios estudios evidencian que el aprendizaje invertido, el *blended learning*, el uso de ejemplos trabajados, la segmentación de tareas y las plataformas digitales adaptativas contribuyen a reducir la CC innecesaria, facilitando una mejor organización de la información y un procesamiento más eficiente.
2. *Entrenamiento de la MT y su impacto en el rendimiento matemático:* se ha constatado que el fortalecimiento de la MT, especialmente en su componente ejecutivo, se asocia con mejoras significativas

en la resolución de problemas, el cálculo mental y la comprensión de estructuras matemáticas complejas.

3. *Eficacia del diseño instruccional ajustado al perfil cognitivo del estudiante*: estudios recientes muestran que la personalización del proceso de enseñanza, teniendo en cuenta factores como la capacidad de MT, la inhibición o el estilo cognitivo, resulta más efectiva que las metodologías estandarizadas, particularmente en entornos con alta demanda cognitiva.
4. *Influencia de factores afectivos en el rendimiento y la CC*: la AM, la autoeficacia y el interés por las matemáticas emergen como moduladores importantes del rendimiento académico. La evidencia sugiere que estos factores interactúan con los recursos de la MT, afectando la atención, la perseverancia y la disposición al aprendizaje.
5. *Necesidad de formación docente centrada en la gestión cognitiva del aula*: se identifica una demanda creciente de desarrollo profesional para que el profesorado integre estrategias basadas en la teoría de la CC y el uso eficaz de la MT. Esta formación requiere no solo competencias técnicas, sino también una revisión de creencias, actitudes y emociones docentes hacia la enseñanza de las matemáticas.

Variables más relevantes para la mejora de la instrucción matemática

1. MT y aprendizaje de las matemáticas

La MT, función ejecutiva esencial en el aprendizaje matemático, destaca por su limitada capacidad y su vulnerabilidad a los distractores, lo que la hace determinante cuando la CC excede los recursos del estudiante. Esta revisión sistemática identificó siete estudios sobre su influencia en el rendimiento matemático, con enfoques metodológicos y poblacionales diversos. A continuación, se presenta su análisis.

de Mooij et al. (2020) evaluaron un entorno digital de aprendizaje matemático adaptado a la capacidad de la MT y control inhibitorio del alumnado. El sistema ajustaba las tareas según el perfil cognitivo, mejorando la transferencia del aprendizaje y reduciendo la CC percibida. El estudio respalda el valor del diseño instruccional adaptativo, especialmente para estudiantes con mayores limitaciones cognitivas.

Ei & Oo (2023) evaluaron un programa de seis semanas para entrenar la MT en estudiantes de secundaria, con tareas centradas en la actualización y manipulación de información. El grupo experimental mejoró significativamente en memoria y rendimiento matemático frente al grupo control. El estudio muestra que la MT es entrenable y que su desarrollo favorece el aprendizaje matemático.

Fehringer & Was (2022) estudiaron la relación entre la MT y rendimiento en estudiantes STEM, destacando que la MT visoespacial predice mejor el éxito en matemáticas. Este hallazgo se asocia con la naturaleza espacial de muchas tareas numéricas. El estudio resalta la importancia de adaptar la instrucción según el tipo de MT requerida.

López-Aymes et al. (2021) analizaron cómo la MT, la autoeficacia y la AM influyen en el rendimiento matemático de estudiantes de secundaria en México. Mediante un diseño correlacional, hallaron que la MT

es el mejor predictor, por encima del género o nivel socioeconómico. El estudio destaca la necesidad de integrar factores cognitivos y afectivos en el diseño instruccional.

Zhang & Li (2023) propusieron un modelo mediacional en el que la MT media entre la AM y el rendimiento en matemáticas. Con una muestra de estudiantes chinos, hallaron que mayor AM se asocia a menor MT y, en consecuencia, a peor desempeño. El estudio destaca cómo la AM afecta indirectamente el aprendizaje al limitar recursos cognitivos clave.

Pelegrina et al. (2020) estudiaron cómo la AM afecta los procesos de actualización de la MT en tareas numéricas. Hallaron que los estudiantes con alta AM cometían más errores y eran menos eficientes, mostrando dificultades específicas para mantener y manipular información. El estudio respalda el modelo de procesamiento limitado y evidencia que la AM impacta funciones cognitivas clave en la resolución matemática.

Por último, Ronney & Abu (2024) evaluaron la relación entre la MT verbal y el rendimiento en aritmética, hallando una correlación positiva y tiempos de resolución más bajos en estudiantes con mayor capacidad. Este estudio respalda que la MT verbal es clave para resolver operaciones matemáticas con eficacia.

2. *AM y rendimiento*

Uno de los hallazgos más consistentes de la literatura revisada es la relación inversa entre AM y rendimiento académico. Diversos estudios han evidenciado que el aumento en los niveles de ansiedad relacionada con las matemáticas tiende a estar asociado con una disminución en el desempeño en esta área del conocimiento.

Así, el estudio de Mubark et al. (2020), con una muestra de estudiantes universitarios de facultades científicas, confirma esta tendencia: los autores hallaron una correlación negativa significativa entre la AM y el rendimiento académico.

Del mismo modo, Zhang & Li (2023) analizaron una muestra de 200 estudiantes de secundaria, hallando correlaciones negativas significativas tanto entre AM y MT ($r = -0.45$), como entre AM y rendimiento académico en matemáticas ($r = -0.50$). El análisis de mediación reveló que la MT actuaba como un mediador parcial en esta relación.

Otro estudio relevante es el de Pelegrina et al. (2020), en el que se muestra que los estudiantes con mayor AM presentan un menor rendimiento en tareas que requieren actualización de la MT. Estos resultados refuerzan la idea de que la AM deteriora los procesos de recuperación de información, esenciales para la resolución de problemas.

En el contexto latinoamericano, Villamizar et al. (2020) hallaron una correlación negativa entre la AM y el rendimiento en estudiantes de secundaria en Colombia. Además, detectaron niveles de AM significativamente más altos en las alumnas, lo que podría incidir en la brecha de género en esta área.

Finalmente, el trabajo de López-Aymes et al. (2021) con 442 estudiantes mexicanos de educación media superior evidenció que la AM, junto con la MT y el sentimiento de autoeficacia, constituye un predictor significativo del rendimiento en matemáticas. Este enfoque integrador refuerza la necesidad de abordar simultáneamente los factores cognitivos y emocionales en el diseño de intervenciones pedagógicas.

Incorporar estrategias didácticas que reduzcan la ansiedad y favorezcan la autorregulación emocional podría ser clave para diseñar propuestas más inclusivas y eficaces. Además, la AM muestra diferencias significativas según el género, lo que exige analizar su papel moderador en el rendimiento.

3. *Brecha de género en matemáticas*

La literatura reciente sobre CC y rendimiento en matemáticas ha prestado escasa atención a la variable género como factor moderador. De los veinticinco estudios incluidos en esta revisión sistemática, solo dos abordan de forma explícita la brecha de género en relación con la AM. El estudio desarrollado por Villamizar et al. (2020) -con una muestra de 127 estudiantes de educación secundaria- evidencia que las alumnas presentan niveles significativamente más altos de AM en comparación con sus compañeros varones. Esta ansiedad, a su vez, se asocia de manera inversamente proporcional con el rendimiento académico en materias numéricas. Por su parte, Mubark et al. (2020), recomiendan, en este sentido, atender las diferencias de género al diseñar estrategias de apoyo al aprendizaje de las matemáticas.

Estos resultados son especialmente relevantes en el marco de la teoría de la CC, dado que la AM constituye un factor afectivo que compromete la eficiencia de la MT, al consumir recursos atencionales y reducir la capacidad de procesamiento disponible para las tareas académicas (Sweller et al., 2019). La identificación de este patrón diferencial por género sugiere la conveniencia de incorporar enfoques instruccionales que contemplen tanto la optimización de la CC extrínseca como la intervención sobre variables emocionales, con una perspectiva sensible al género. Se hace necesario, por tanto, promover investigaciones futuras que profundicen en este eje de desigualdad educativa desde una perspectiva psicopedagógica integral.

4. *Estrategias instruccionales innovadoras en matemáticas*

Las estrategias instruccionales innovadoras destacan como una línea prometedora. Varios estudios evalúan intervenciones que integran tecnología, diseño instruccional según la teoría de la CC o enfoques adaptativos. A continuación, se examinan cinco propuestas, describiendo su novedad, las variables que afectan y sus principales limitaciones.

Ziyan et al. (2024) utilizaron videos 360° para formar futuros docentes de matemáticas mediante experiencias inmersivas de observación de clase. Esta tecnología aumentó la CC extrínseca por su complejidad sensorial, pero optimizó la CC germinal al favorecer el aprendizaje significativo. Los videos permitieron una observación más detallada y realista, mejorando el análisis pedagógico.

de Mooij et al. (2020) crearon un entorno digital adaptativo que ajusta la dificultad en tiempo real según la MT y el control inhibitorio del estudiante, mejorando la transferencia del aprendizaje y reduciendo la CC,

sobre todo en quienes partían con menor capacidad. No obstante, se probó en un contexto muy controlado y sin evaluar sus efectos a largo plazo.

Reinhold et al. (2021) diseñaron una formación docente en herramientas digitales para matemáticas, mejorando la motivación, la autoeficacia y las creencias pedagógicas del profesorado. Aunque no evaluaron la CC del alumnado, promovieron una visión alineada con la teoría cognitiva. Sus conclusiones se basan en autoinformes sin seguimiento longitudinal ni evaluación directa en el aula.

Ei & Oo (2023) realizaron un programa de seis semanas para entrenar la MT en alumnos de secundaria, con ejercicios de retención y manipulación de información. La intervención mejoró el rendimiento cognitivo y matemático, mostrando que la MT puede desarrollarse mediante entrenamiento específico. Sin embargo, contó con una muestra reducida, sin comparación con otras estrategias didácticas ni evaluación a largo plazo.

Kahsay (2021) aplicó aprendizaje combinado en cálculo universitario, integrando recursos digitales y sesiones presenciales según la teoría de la CC. La estrategia mejoró el rendimiento académico y redujo la CC extrínseca percibida. Favoreció el equilibrio entre guía docente y autonomía. Sin embargo, el estudio se limita a un único contexto y no evaluó transferencia ni habilidades transversales.

Discusión

Esta revisión confirma que gestionar adecuadamente la CC y la MT mejora el aprendizaje matemático en secundaria y educación superior. Siguiendo a Sweller (1988) y Sweller et al. (2011), se demuestra que estrategias como el aprendizaje invertido, el blended learning, los ejemplos trabajados y el uso de MATLAB reducen la CC extrínseca, liberan recursos de la MT y reducen la CC germinal, lo que se traduce en un mejor rendimiento (Feng, 2024; Gupta & Zheng, 2020; Kahsay, 2021). Estos hallazgos coinciden con Paas & van Merriënboer (1994), Van Gog et al. (2008) y refuerzan el planteamiento de Dehaene (2016) y Gathercole & Alloway (2008) sobre la limitación de la MT en tareas complejas y la necesidad de un diseño instruccional eficaz en contextos reales de educación superior.

Diversos estudios (Mubark et al., 2020; Pelegrina et al., 2020; Zhang & Li, 2023) muestran que la AM reduce la eficiencia de la MT y, por tanto, merma el rendimiento académico. Esto coincide con el modelo de control atencional de Eysenck et al. (2007), según el cual la ansiedad limita la atención sostenida, y complementa el metaanálisis de Finell et al. (2021).

En comparación con revisiones recientes, esta investigación integra de forma más amplia la interacción entre CC y MT dentro de estrategias instruccionales específicas. Por ejemplo, Puma et al. (2024) se centran en la MT como predictor de rendimiento, y Tello et al. (2025) examinan la relación general entre CC y rendimiento, sin abordar cómo la MT media este vínculo. A su vez, estudios como Ruiz et al. (2021) sobre aprendizaje remoto o Verde et al. (2024) sobre gamificación se basan en metodologías activas, pero carecen de un marco cognitivo tan preciso como el que ofrece esta revisión.

Además, Sweller et al. (2023) destacan la necesidad de diseñar la instrucción teniendo en cuenta tanto las limitaciones de la MT como las condiciones emocionales, postura que esta revisión refuerza con datos

empíricos en el aula de matemáticas. Estudios recientes validan esta relación: Fehringer & Was (2022) y Ronney & Abu (2024) confirman el papel mediador de la MT frente a factores emocionales, especialmente la AM (Mubark et al., 2020; Zhang & Li, 2023), coincidiendo con investigaciones previas sobre cómo las emociones afectan los recursos cognitivos disponibles para el aprendizaje.

Finalmente, se destaca el papel del profesorado como mediador. Así el estudio de Reinhold et al. (2021) muestra que las creencias, emociones y competencias digitales del docente condicionan la eficacia de las estrategias instruccionales.

Implicaciones teóricas del estudio

Esta revisión contribuye a consolidar un enfoque integrador entre la teoría de la CC, la teoría de la MT y las teorías afectivas del aprendizaje. Los resultados analizados permiten articular un modelo instruccional en el que la reducción de la CC innecesaria, la activación del conocimiento previo y la regulación emocional del estudiante confluyen para facilitar un aprendizaje profundo.

Desde el punto de vista teórico, el estudio refuerza la idea de que la MT no solo limita el procesamiento simultáneo de la información, sino que también puede entrenarse (Ei & Oo, 2023) o protegerse mediante diseños instruccionales adecuados. Además, la función mediadora de la memoria entre las emociones y el rendimiento aporta una perspectiva más dinámica y contextual al estudio de los procesos cognitivos en educación matemática.

En cuanto al papel de las emociones, se amplía el marco teórico hacia una comprensión más integral del aprendizaje, que incluye tanto dimensiones cognitivas como afectivas. La AM, en particular, debe ser considerada como un factor modulador central del rendimiento.

Limitaciones de la revisión

En primer lugar, se excluyeron deliberadamente los estudios centrados en educación infantil y primaria, lo que restringe la aplicabilidad de los hallazgos a esos niveles. En segundo lugar, la búsqueda se limitó a trabajos publicados entre 2020 y 2024, con el fin de garantizar la actualidad del corpus, pero ello pudo haber dejado fuera investigaciones relevantes anteriores. Asimismo, solo se consideraron artículos publicados en inglés y español, lo que podría haber limitado la inclusión de perspectivas culturales diversas.

Además, pese a que se incluyeron estudios con variedad de metodologías (cuantitativas, cualitativas, experimentales y correlacionales), la heterogeneidad en los enfoques dificulta la comparación directa de resultados y la generalización de conclusiones globales. A esto se suma que el análisis se basó en una síntesis cualitativa, sin realizar metaanálisis que permitieran medir el tamaño del efecto de las variables estudiadas.

Propuestas para futuras investigaciones

A partir de los hallazgos de esta revisión, futuras investigaciones podrían centrarse en analizar cómo se implementan y adaptan estas estrategias de gestión de CC en contextos reales de aula, prestando especial atención a su impacto sostenido en el tiempo mediante estudios longitudinales. También sería relevante

emplear metodologías mixtas que permitan captar tanto el rendimiento cuantitativo como las percepciones y emociones del alumnado.

Asimismo, se propone el desarrollo de investigaciones interdisciplinarias que combinen los aportes de la neuroeducación, el diseño instruccional adaptativo y la tecnología educativa. Estas líneas permitirían validar modelos de enseñanza más sensibles al perfil cognitivo individual (MT, atención ejecutiva, inhibición, etc.) y a las condiciones emocionales del aprendizaje.

Además, se sugiere avanzar hacia intervenciones combinadas que integren componentes cognitivos y afectivos. Por ejemplo, programas que simultáneamente entrenen la MT y reduzcan la AM podrían resultar especialmente eficaces para mejorar el aprendizaje en contextos de alta exigencia.

También se considera prioritaria la investigación sobre la formación docente, con el fin de evaluar el impacto de la capacitación en teoría de la CC, estrategias digitales y diseño adaptativo sobre la práctica educativa. Evaluar cómo estos conocimientos transforman la planificación didáctica y la interacción pedagógica enriquecería tanto la teoría como la práctica educativa.

Finalmente, se destaca la necesidad de profundizar en los factores de equidad e inclusión. Investigar las desigualdades de género en la AM, así como la respuesta de estudiantes neurodivergentes a distintos tipos de CC, permitiría diseñar estrategias instruccionales más inclusivas, equitativas y basadas en evidencia empírica.

Conclusiones

Las estrategias instruccionales que reducen la CC extrínseca y mejoran la CC germinal -como el aprendizaje invertido, los ejemplos trabajados, los entornos digitales adaptativos y el uso de tecnologías específicas como MATLAB en la nube- resultan más eficaces que los enfoques tradicionales. La MT no es una capacidad estática, sino que puede fortalecerse mediante el entrenamiento y mediante un diseño instruccional bien adaptado, con beneficios claros sobre el rendimiento académico.

La MT actúa como variable mediadora entre el diseño instruccional, los factores emocionales y el rendimiento matemático. La AM, en cuanto variable afectiva, interfiere de forma significativa con el funcionamiento de la MT, reduciendo la eficacia del procesamiento cognitivo.

La tecnología educativa, en sus diferentes formas (plataformas adaptativas, entornos inmersivos, aprendizaje combinado), ofrece herramientas eficaces para apoyar la personalización del aprendizaje y la gestión de la CC.

Se detecta la necesidad de una formación docente específica en gestión cognitiva del aula, teoría de la CC y estrategias de instrucción adaptativa, de modo que el profesorado pueda aplicar estos principios con solvencia en la práctica diaria.

En concreto el diseño instruccional se revela como el factor decisivo para gestionar eficazmente la CC (intrínseca, extrínseca y germinal), optimizar los recursos de la MT y abordar los componentes emocionales de la AM. Por lo tanto, una enseñanza de las matemáticas centrada en principios cognitivos y adaptada a las características emocionales y cognitivas del alumnado se presenta como una vía eficaz para optimizar el aprendizaje. Esta afirmación está respaldada de forma consistente por la mayoría de los 25 estudios incluidos en la revisión.

Aportaciones de este estudio

Este estudio ofrece una visión integrada y actualizada que articula las dimensiones cognitivas, afectivas y pedagógicas implicadas en el aprendizaje matemático. A través del análisis de AM en un modelo explicativo que orienta tanto la práctica docente como el diseño curricular.

Una de las principales contribuciones radica en la sistematización de evidencias recientes que fundamentan el diseño instruccional adaptativo, entendido como una estrategia que responde a las capacidades cognitivas (MT, atención ejecutiva, inhibición) y las variables emocionales (AM, autoeficacia). Esto proporciona criterios sólidos para la formación del profesorado y la toma de decisiones pedagógicas basadas en evidencia.

Asimismo, el estudio ofrece recomendaciones aplicables tanto para docentes como para responsables curriculares, enfatizando la importancia de personalizar la enseñanza y de incorporar en la planificación educativa los principios de la teoría de la CC y las variables emocionales del aprendizaje.

Además, esta revisión abre nuevas líneas de investigación al señalar la necesidad de explorar con mayor profundidad la interacción entre AM y MT, así como los efectos de las emociones positivas en el rendimiento matemático. También se propone avanzar hacia estudios longitudinales y de intervención que evalúen el impacto sostenido de las estrategias identificadas, así como su efectividad combinada sobre aspectos cognitivos y afectivos.

En conjunto, esta revisión aporta una visión integradora que puede enriquecer el debate educativo y orientar prácticas más eficaces, equitativas y fundamentadas en el funcionamiento real del cerebro del estudiante.

Conflicto de Intereses

El autor declara no tener conflictos de intereses.

Referencias

Ali M., M. (2021). Predictive validity of cognitive load patterns in mathematical problem-solving stereotypical thinking in the inferential statistics course among psychology department students. *Bioscience Biotechnology Research Communications*, 14(2), 635-645. <https://n9.cl/72chk>

- Alloway, T. P. & Alloway, R. G. (2014). *Understanding working memory*. Publicaciones SAGE. <https://uk.sagepub.com/en-gb/eur/understanding-working-memory/book241272>
- Baddeley, A. D. (2012). Working memory: Theories, models, and controversies. *Annual Review of Psychology*, 63, 1–29. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120710-100422>
- Barbieri, C. A.; Miller-Cotto, D.; Clerjuste, S. N. & Chawla, K. (2023). A meta-analysis of the worked examples effect on mathematics performance. *Educational Psychology Review*, 35(1), 11–43. <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09745-1>
- Cowan, N. (2008). What are the differences between long-term, short-term, and working memory? *Progress in Brain Research*, 169, 323–338. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(07\)00020-9](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(07)00020-9)
- Cruz S., A. (2022). *Revisión de metodologías de enseñanza en la asignatura de matemáticas y el papel del docente en su implementación* [Trabajo de Máster, Universidad Europea de Madrid]. <http://hdl.handle.net/20.500.12880/2878>
- Dehaene, S. (2016). *El cerebro matemático*. Siglo XXI Editores. <https://www.sigloventiuno.com/libro/el-cerebro-matematico>
- de Mooij, S. M.; Kirkham, N. Z.; Raijmakers, M. E.; van der Maas, H. L. & Dumontheil, I. (2020). Should online math learning environments be tailored to individuals' cognitive profiles? *Journal of Experimental Child Psychology*, 191, 104730. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2019.104730>
- Ei, W. Y. & Oo, C. Z. (2023). Effects of a working memory training program on secondary school students' mathematics achievement. *Mathematics Teaching Research Journal*, 15(5), 177–192. <https://n9.cl/5w7xo>
- Fehringer, B. C. & Was, C. A. (2022). The relation between working memory and mathematics performance among students in math-intensive STEM programs. *Intelligence*, 92, 101649. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2022.101649>
- Feng, T. (2024). The impact of cloud technology and the MatLab app on the academic performance and cognitive load of further mathematics students. *Education and Information Technologies*, 29(11), 13577–13593. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12183-1>
- Finell, J.; Sammallahti, E.; Korhonen, J.; Eklöf, H. & Jonsson, B. (2021). Working memory and its mediating role on the relationship of math anxiety and math performance: A meta-analysis. *Frontiers in Psychology*, 12, 798090. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.798090>
- Gathercole, S. E. & Alloway, T. P. (2008). *Working memory and learning: A practical guide for teachers*. SAGE Publications. <https://us.sagepub.com/en-us/nam/working-memory-and-learning/book233160>
- Gupta, R. (2020). Cognitive load in solving mathematics problems: Validating the role of motivation and the interaction among prior knowledge, worked examples, and task difficulty. *International Journal of Educational and Pedagogical Sciences*, 14(12), 1171–1176. <https://zenodo.org/record/3882033>
- Gupta, U. & Zheng, R. Z. (2020). Cognitive load in solving mathematics problems: Validating the role of motivation and the interaction among prior knowledge, worked examples, and task difficulty. *European Journal of STEM Education*, 5(1), 5. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/9256>
- Gutiérrez-Guillén, E. S.; Chaparro-Sánchez, R. y Soto-Bañuelos, E. (2023). *Revisión sistemática de las matemáticas en el NMS y el uso de la tecnología para mejora en los índices de reprobación*. Memorias de la Décima Tercera Conferencia Iberoamericana de Complejidad, Informática y

- Cibernética (CICIC 2023). Universidad Autónoma de Querétaro, 61-65. <https://doi.org/10.54808/CICIC2023.01.61>
- Kahsay, G. (2021). The effect of blended learning on mathematics cognitive demand and cognitive load in learning calculus of several variables at universities in Tigray, Ethiopia. *Education and Information Technologies*, 26, 5207–5225. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10534-3>
- Kertil, M. (2020). Covariational reasoning of prospective mathematics teachers: How do dynamic animations affect? *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 11(2), 312–342. <https://doi.org/10.16949/turkbilm.640094>
- Kuntze, S. & Dreher, A. (2021). Comparing a digital and a non-digital embodied learning intervention in geometry: Can technology facilitate? *ZDM – Mathematics Education*, 53, 1455–1467. <https://doi.org/10.1007/s11858-021-01292-w>
- Lee, H. M. & Ayres, P. (2024). The worked-example effect and a mastery approach goal orientation. *Education Sciences*, 14(6), 597. <https://doi.org/10.3390/educsci14060597>
- Liljedahl, P. (2021). Remembering learning mathematics – we can run but we can't hide. *ZDM – Mathematics Education*, 53, 1423–1432. <https://doi.org/10.1007/s11858-021-01275-x>
- López-Aymes, G.; García-Sánchez, J. N.; Pérez-Ara, M. A. & Hernández-Torrano, D. (2021). Cognitive and attitudinal factors involved in mathematical performance in high school students. *Frontiers in Psychology*, 12, 726520. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.726520>
- Martínez R., E. Y. (2023). Relación entre la memoria de trabajo y el desempeño en matemáticas. *Ciencia Latina*, 7(2), 8468-8482. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5969
- Moraga, J. y Cartes-Velásquez, R. (2015). Pautas de chequeo, parte II: QUOROM y PRISMA. *Revista Chilena de Cirugía*, 67(3), 325–330. <https://doi.org/10.4067/S0718-40262015000300015>
- Mubark, M. M.; Al-Shannaq, Y. A. & Leppavirta, J. (2020). Comparing math anxiety of scientific faculties students as related to achievement, and some variables. *International Journal of Instruction*, 13(2), 849–864. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13257a>
- Nacar, S. & Yaman, H. (2021). Evolution of pre-service mathematics teachers' spatial visualisation skills during a cognitive load theory-based education. *Journal of Education and Training Studies*, 9(1), 10–18. <https://doi.org/10.11114/jets.v9i1.5082>
- Nguyen, M.; Gillies, R. M. & Renshaw, P. (2021). Checkpoints for online mathematics students with learning challenges. *Australasian Journal of Educational Technology*, 37(1), 64–77. <https://doi.org/10.14742/ajet.6172>
- Paas, F. A. & Sweller, J. (2003). Cognitive Load Theory and Instructional Design: Recent Developments. *Educational Psychologist*, 38(1), 1-4. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_1
- Paas, F. G. & van Merriënboer, J. J. G. (1994). Variability of worked examples and transfer of geometrical problem-solving skills: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 86(1), 122–133. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.86.1.122>
- Page, M. J.; McKenzie, J. E.; Bossuyt, P. M.; Boutron, I.; Hoffmann, T. C.; Mulrow, C. D.; Shamseer, L.; Tetzlaff, J. M.; Akl, E. A.; Brennan, S. E.; Chou, R.; Glanville, J.; Grimshaw, J. M.; Hróbjartsson, A.; Lalu, M. M.; Li, T.; Loder, E. W.; Mayo-Wilson, E.; McDonald, S. ... Moher, D. (2021). Declaración PRISMA 2020: Una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790–799. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>

- Passolunghi, M. C. & Caviola, S. (2021). Working memory and mathematical learning disability: A review of evidence and implications for teaching. *Frontiers in Psychology, 12*, 637999. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.637999>
- Pelegrina, S.; Justicia-Galiano, M. J.; Martín-Puga, M. E. & Linares, R. (2020). Math anxiety and working memory updating: Difficulties in retrieving numerical information from working memory. *Frontiers in Psychology, 11*, 669. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00669>
- Puma, J. E.; Mendoza, J. A. y Cárdenas, V. C. (2024). Memoria de trabajo en los aprendizajes: Una revisión sistemática. Horizontes. *Revista de Investigación en Ciencias de la Educación, 8*(32), 464–472. <https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v8i32.737>
- Reinhold, F.; Strohmaier, A.; Finger-Collazos, Z. & Reiss, K. (2021). Considering teachers' beliefs, motivation, and emotions regarding teaching mathematics with digital tools: The effect of an in-service teacher training. *Frontiers in Education, 6*, 1-12. <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.723869>
- Ronney, R. R. & Abu M. A. (2024). Working memory and mathematics performance. *Asian Pendidikan, 4*(2), 16–22. <https://doi.org/10.53797/aspn.v4i2.3.2024>
- Ruiz, J.; Caballero, J. E. A. P. y Panduro-Ramírez, J. (2021). Una revisión sistemática sobre el aprendizaje remoto de la matemática. *Espiraes Revista Multidisciplinaria de Investigación, 5*(37), 63–83. <https://doi.org/10.31876/er.v5i37.793>
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science, 12*(2), 257–285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4
- Sweller, J.; Ayres, P. & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory*. Springer.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (2019). *Cognitive architecture and instructional design: 20 years later*. *Educational Psychology Review, 31*(2), 261–292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-9>
- Sweller, J.; van Merriënboer, J. J. G. y Paas, F. (2023). Arquitectura cognitiva y diseño instruccional: 25 años después. *Educational Psychology Review, 35*(1), 12. <https://doi.org/10.1007/s10648-022-09688-z>
- Tello A., S. E.; Bautista S., F. E.; Figueroa R., E. M. y Vinueza P., H. A. (2025). *Aspectos cognitivos del aprendizaje y enseñanza de las matemáticas. Una revisión sistemática*. *RECIMUNDO, 9*(1), 38–50. <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/2475/3236>
- van Merriënboer, J. J. G.; Kirschner, P. A. & Kester, L. (2003). Taking the load off a learner's mind: Instructional design for complex learning. *Educational Psychologist, 38*(1), 5–13. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_2
- van Merriënboer, J. J. G. & Sweller, J. (2005). Cognitive load theory and complex learning: Recent developments and future directions. *Educational Psychology Review, 17*, 147–177. <https://doi.org/10.1007/s10648-005-3951-0>
- Verde, R. O.; Sandoval, M. B. y Pesantes, J. M. (2024). Metodologías innovadoras en la enseñanza de la matemática: Un análisis sobre la efectividad y barreras emergentes. *South Florida Journal of Development, 5*(9), 1–18. <https://doi.org/10.46932/sfjdv5n9-044>
- Villamizar, G.; Araujo, T. Y. y Trujillo, W. J. (2020). Relación entre ansiedad matemática y rendimiento académico en matemáticas en estudiantes de secundaria. *Ciencias Psicológicas, 14*(1), e2174. <https://doi.org/10.22235/cp.v14i1.2174>

Zhang, L. & Li, Y. (2023). The impact of math anxiety on working memory and academic performance in high school students. *Journal of Educational Psychology*, 115(3), 456–472.
<https://doi.org/10.1037/edu0000758>

Ziyan, W.; Yi, Z.; Jiumin, Y. & Yun, P. (2024). Comparing technologies in teaching training: A study on the impact of cognitive load and 360-degree videos on pre-service teachers' observations. *Education and Information Technologies*, 13595–13616.
<https://faculty.snnu.edu.cn/pizhongling/en/lwcg/123220/content/118927.htm>