

Potenciar el aprendizaje matemático desde la neuroeducación: el papel central de la memoria de trabajo en la educación primaria

Boosting mathematical learning through neuroeducation: The central role of working memory in primary education

Cristhian Lascano Quispe¹, Maritza Escalante Tenempaguay², Nelly Rocafuerte Reyes³, Lissette Reyes De La Cruz⁴, Patricia Balón Yagual⁵ y Glenda Matías Roca⁶

¹Ministerio de Educación, cristhian.lascano@educacion.gob.ec, <https://orcid.org/0009-0003-0357-8211>, Ecuador

²Universidad Estatal de Milagro, mescalantet2@unemi.edu.ec, <https://orcid.org/0009-0008-4282-9243>, Ecuador

³Ministerio de Educación, nrocafuertey@unemi.edu.ec, <https://orcid.org/0009-0000-1352-9876>, Ecuador

⁴Ministerio de Educación, lissette.reyes@educacion.gob.ec, <https://orcid.org/0009-0005-3118-8389>, Ecuador

⁵Ministerio de Educación, patricia.balon@educacion.gob.ec, <https://orcid.org/0009-0004-8029-8456>, Ecuador

⁶Ministerio de Educación, glenda.matias@educacion.gob.ec, <https://orcid.org/0009-0005-9731-8270>, Ecuador

Información del Artículo

Trazabilidad:

Recibido 16-05-2025

Revisado 16-05-2025

Aceptado 08-06-2025

Palabras Clave:

Neuroeducación

Memoria de trabajo

Aprendizaje matemático

Funciones ejecutivas

Educación primaria

RESUMEN

Este estudio teórico analiza el papel de la memoria de trabajo en el aprendizaje de las matemáticas en la educación primaria, desde una perspectiva neuroeducativa. A través de un enfoque cualitativo y un análisis conceptual, se revisa literatura científica reciente que evidencia cómo la memoria de trabajo, como componente central de las funciones ejecutivas, desempeña un rol clave en procesos como el razonamiento lógico, la atención sostenida, la inhibición de impulsos y la planificación, todos fundamentales para la resolución de problemas matemáticos. Se identifican las principales dificultades que enfrentan los estudiantes con baja capacidad de memoria de trabajo, tales como la pérdida de información durante el procesamiento, la dificultad para realizar múltiples pasos y el uso de estrategias ineficientes. Además, se presentan estrategias pedagógicas basadas en la neuroeducación que pueden potenciar esta capacidad cognitiva, incluyendo la segmentación de tareas, el uso de apoyos visuales y la enseñanza metacognitiva. El artículo concluye con recomendaciones para docentes y plantea líneas futuras de investigación, subrayando la necesidad de diseñar intervenciones basadas en la evidencia. Integrar los aportes de la neuroeducación en el aula puede contribuir a mejorar la equidad y la calidad del aprendizaje matemático en la infancia.

ABSTRACT

This theoretical study analyzes the role of working memory in mathematics learning during primary education from a neuroeducational perspective. Using a qualitative approach and conceptual analysis, recent scientific literature is reviewed, highlighting how working memory—as a core component of executive functions—plays a crucial role in processes such as logical reasoning, sustained attention, impulse inhibition, and planning, all of which are essential for effective mathematical problem-solving. The paper identifies the main difficulties faced by students with low working memory capacity, including the loss of information during processing, challenges in executing multi-step procedures, and reliance on inefficient strategies. Furthermore, pedagogical strategies grounded in neuroeducation are presented, aimed at enhancing working memory. These include task segmentation, the use of visual supports, and the development of metacognitive skills. The article concludes with practical recommendations for teachers and outlines future research directions, emphasizing the need for evidence-based interventions. Integrating insights from neuroeducation into the classroom can contribute to greater equity and improved quality in mathematics learning during childhood.

Keywords:

Neuroeducation

Working Memory

Mathematical Learning

Executive Functions

Primary Education

INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la educación primaria, el aprendizaje de las matemáticas representa un desafío fundamental, no solo por la complejidad lógica que implica, sino también por los procesos cognitivos que subyacen en su comprensión y aplicación. Entre estos procesos, la memoria de trabajo desempeña un papel esencial, ya que permite a los estudiantes mantener y manipular información relevante mientras resuelven problemas matemáticos. Diversas investigaciones han demostrado que una memoria de trabajo eficiente se relaciona positivamente con el rendimiento matemático, especialmente en tareas que requieren razonamiento, atención sostenida y planificación (Alloway & Alloway, 2010; Swanson, 2011).

La neuroeducación, entendida como la convergencia entre la neurociencia, la psicología y la pedagogía, ofrece un marco teórico valioso para comprender cómo se desarrollan los procesos de aprendizaje en el cerebro infantil (Tokuhamu-Espinosa, 2011). Desde esta perspectiva, la enseñanza de las matemáticas puede beneficiarse significativamente al considerar los hallazgos de la neurociencia cognitiva, particularmente aquellos relacionados con la arquitectura y el funcionamiento de la memoria de trabajo. Tal como afirman (Gathercole & Packiam Alloway, 2008), los déficits en esta capacidad cognitiva pueden obstaculizar la adquisición de habilidades numéricas básicas y afectar la comprensión de procedimientos matemáticos más complejos.

En este sentido, se vuelve imperativo analizar cómo las prácticas pedagógicas, fundamentadas en los principios de la neuroeducación, pueden fortalecer la memoria de trabajo y, en consecuencia, mejorar la capacidad de los estudiantes para resolver problemas matemáticos. Más allá de las técnicas tradicionales de enseñanza, se requiere una aproximación que contemple la plasticidad cerebral, la carga cognitiva y la motivación intrínseca como factores clave en el diseño de experiencias de aprendizaje efectivas (Benavidez & Flores, 2019).

El presente artículo tiene como propósito analizar desde un enfoque teórico y cualitativo el papel de la memoria de trabajo en la resolución de problemas matemáticos en estudiantes de educación primaria, considerando los aportes de la neuroeducación. A través de una revisión crítica de literatura especializada, se explorarán las conexiones entre funciones ejecutivas, rendimiento académico y estrategias didácticas que favorecen un entorno de aprendizaje cognitivamente amigable. Con base en ello, se busca responder a las siguientes preguntas de investigación:

¿Cuál es la función de la memoria de trabajo en la resolución de problemas matemáticos?

¿Qué evidencias teóricas y científicas respaldan la relación entre memoria de trabajo y desempeño matemático?

¿Qué estrategias pedagógicas, basadas en la neuroeducación, pueden potenciar la memoria de trabajo en la educación primaria?

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de estudio y enfoque metodológico

La presente investigación se enmarca en un estudio de tipo teórico con enfoque cualitativo, cuyo objetivo es analizar y sintetizar críticamente el papel de la memoria de trabajo en la resolución de problemas matemáticos en la educación primaria, desde una perspectiva neuroeducativa. Este tipo de estudio no se enfoca en la recolección de datos empíricos primarios, sino en la verificación, integración y análisis conceptual de teorías, modelos y hallazgos científicos relevantes que permitan una comprensión profunda del fenómeno abordado (Schenkel & Pérez, 2019).

Procedimiento de análisis

El estudio se llevó a cabo mediante los siguientes procedimientos:

1. Análisis conceptual:

Se identificaron y delimitaron los conceptos clave relacionados con la memoria de trabajo, las funciones ejecutivas, el aprendizaje matemático y la neuroeducación. Este proceso permitió clarificar definiciones, relaciones teóricas y operativas entre los constructos principales.

2. Revisión y síntesis de la literatura:

Se realizó una revisión sistemática y selectiva de literatura científica indexada en bases de datos académicas como Scopus, ERIC, Scielo y Google Scholar, priorizando publicaciones entre 2000 y 2024. Se incluyeron artículos empíricos, revisiones sistemáticas, libros especializados y documentos técnicos que abordaran el vínculo entre memoria de trabajo y aprendizaje matemático en niños de nivel primario.

3. Análisis crítico de teorías existentes:

Se analizaron modelos cognitivos y neuroeducativos como el modelo multicomponente de Baddeley, la teoría de las funciones ejecutivas de Diamond, y las propuestas de Gathercole y Alloway, confrontando sus postulados con hallazgos actuales sobre la enseñanza de las matemáticas. Esta etapa incluyó la identificación de convergencias, vacíos y posibles contradicciones teóricas.

4. Síntesis integradora:

Finalmente, se construyó una narrativa integradora que relaciona los aportes de la neurociencia con implicaciones pedagógicas prácticas, fundamentadas en la evidencia revisada. Esta síntesis pretende ofrecer propuestas didácticas aplicables en contextos educativos reales, respetando la madurez cognitiva de los estudiantes.

Justificación del enfoque elegido

El enfoque teórico-cualitativo fue elegido por su pertinencia para comprender fenómenos complejos desde una perspectiva holística, especialmente cuando se trata de interrelacionar campos multidisciplinarios como la neurociencia, la educación y la psicología cognitiva. A través del análisis conceptual y la revisión crítica, es posible construir una base sólida de conocimiento que sirva de fundamento para futuras investigaciones empíricas e intervenciones pedagógicas.

Consideraciones éticas

Aunque el estudio no involucró directamente a sujetos humanos, se garantizó el respeto por la propiedad intelectual y el uso responsable de las fuentes consultadas. Todas las referencias utilizadas se citan conforme a las normas APA (7.^a edición). Se mantuvo un rigor académico al evaluar la calidad y pertinencia de los estudios revisados, evitando sesgos interpretativos y priorizando publicaciones revisadas por pares.

Limitaciones del estudio

Entre las principales limitaciones se encuentra la naturaleza teórica del estudio, lo cual implica que sus resultados no pueden generalizarse empíricamente sin ser sometidos a verificación experimental. Además, aunque se procuró incluir fuentes actualizadas y de alto rigor científico, es posible que algunos estudios relevantes no hayan sido considerados debido a restricciones de acceso o idioma. También se reconoce que las propuestas pedagógicas derivadas deben ser adaptadas según el contexto educativo específico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. La neuroeducación: un puente entre el cerebro y el aula

La neuroeducación se presenta como una disciplina emergente que busca integrar los hallazgos de la neurociencia con las prácticas pedagógicas, con el objetivo de optimizar los procesos de enseñanza-aprendizaje. Su enfoque se basa en la comprensión científica del cerebro humano, permitiendo a los educadores diseñar estrategias que respeten y potencien el funcionamiento cognitivo de los estudiantes Tokuhamu-Espinosa (2011). Esta perspectiva implica un cambio paradigmático: pasar de enseñar “contenidos” a enseñar “procesos mentales”.

Uno de los principios fundamentales de la neuroeducación es que el aprendizaje es un proceso dinámico que depende no solo de los estímulos externos, sino también del estado emocional, la motivación, la atención y la plasticidad cerebral. Como señalan (Immordino-Yang et al., 2016), la emoción no solo acompaña al aprendizaje, sino que lo condiciona profundamente, ya que influye en la selección, procesamiento y almacenamiento de la información.

En este sentido, el contexto educativo debe estar estructurado para responder a las necesidades neurocognitivas del niño, especialmente en la etapa primaria, cuando el desarrollo cerebral aún se encuentra en formación. Jensen (2003) destaca que los ambientes enriquecidos, el juego, la interacción social y la retroalimentación positiva son componentes esenciales para activar regiones del cerebro relacionadas con la memoria, la atención y la resolución de problemas.

La neuroeducación también propone un abordaje integral del alumno, considerando no solo su rendimiento académico, sino también su funcionamiento ejecutivo, su autorregulación emocional y su estilo cognitivo. De esta manera, se convierte en una herramienta indispensable para repensar la enseñanza de las matemáticas, una de las áreas donde más se evidencian las brechas entre lo que el cerebro necesita y lo que la escuela tradicional ofrece (Condemarin et al., 2016).

2. Memoria de trabajo: base del procesamiento matemático

El modelo de memoria de trabajo inicialmente propuesto por Hitch & Baddeley (1976) y posteriormente ampliado por el mismo Baddeley (2010), describe un sistema cognitivo activo que permite el almacenamiento temporal y la manipulación de información durante la realización de tareas complejas

como la comprensión del lenguaje, el razonamiento y la resolución de problemas matemáticos. Este modelo ha sido ampliamente validado empíricamente y se compone de varios subsistemas especializados:

2.1. El bucle fonológico

Es el constituyente gestor de almacenar y manipular información verbal y auditiva. Consta de dos subcomponentes:

- El almacén fonológico: mantiene la información sonora durante un breve periodo (alrededor de 2 segundos).
- El proceso de repaso articulatorio: permite la repetición subvocal de la información, evitando su olvido.

Este sistema es crucial para tareas que requieren mantener números, instrucciones verbales o términos matemáticos en la mente. En el contexto educativo, es especialmente importante durante la lectura de enunciados de problemas matemáticos o la memorización de operaciones (Gathercole y Packiam, 2008).

2.2. La agenda visoespacial

Este componente procesa y retiene información visual y espacial. Es responsable de la manipulación de imágenes mentales, diagramas, mapas y relaciones espaciales. La agenda visoespacial resulta esencial para:

- Interpretar gráficos y figuras geométricas.
- Visualizar transformaciones espaciales.
- Representar operaciones aritméticas en la mente.

En la enseñanza de las matemáticas, se activa cuando los estudiantes manipulan material concreto, visualizan procedimientos o resuelven problemas que requieren representar trayectorias o cantidades (Pastells & Roca, 2003).

2.3. El ejecutivo central

Es el sistema controlador que supervisa y regula los otros subsistemas. Se encarga de la atención selectiva, la coordinación de tareas, el cambio de estrategias y la inhibición de respuestas irrelevantes. Es limitado en capacidad y actúa como un filtro de información.

En matemáticas, el ejecutivo central es determinante para organizar la información del problema, seleccionar la estrategia adecuada, controlar los pasos secuenciales y monitorear los resultados. Su eficiencia está estrechamente vinculada al desarrollo de las funciones ejecutivas, especialmente en niños en edad escolar (Alsina, 2007).

Interacción entre los componentes

Estos tres componentes no operan de forma aislada, sino que interactúan dinámicamente durante el desempeño de tareas cognitivas. Por ejemplo, al resolver un problema verbal de matemáticas, el estudiante necesita:

1. Mantener el enunciado (bucle fonológico),
2. Visualizar la operación (agenda visoespacial),
3. Planificar y ejecutar los pasos (ejecutivo central).

Cuando cualquiera de estos sistemas se sobrecarga o funciona deficientemente, el rendimiento en tareas matemáticas complejas se ve afectado, especialmente en estudiantes con dificultades de aprendizaje (Swanson & Jerman, 2006).

3. Resolución de problemas matemáticos y su vínculo con la neurocognición

La resolución de problemas en matemáticas no solo demanda conocimientos previos, sino también una serie de habilidades cognitivas de orden superior, como el razonamiento lógico, la inhibición de respuestas impulsivas, la atención sostenida, la flexibilidad cognitiva y, especialmente, la memoria de trabajo. Este conjunto de habilidades, conocidas como funciones ejecutivas, se desarrollan gradualmente a lo largo de la niñez y son indispensables para el éxito en el ámbito académico (Diamond, 2013).

Geary (2011) sostiene que el rendimiento matemático en educación primaria está significativamente influenciado por la capacidad del estudiante para mantener en mente múltiples representaciones numéricas y lingüísticas mientras realiza operaciones. Esta habilidad depende directamente de una memoria de trabajo activa y eficaz. Por ejemplo, para resolver un problema verbal, el estudiante debe comprender el enunciado, traducirlo a una estructura matemática, mantener esa información mientras aplica procedimientos, y verificar sus resultados.

Ashcraft & Krause (2007) advierten que cuando los estudiantes se enfrentan a una sobrecarga cognitiva, es decir, cuando la demanda mental supera la capacidad de su memoria de trabajo, el desempeño disminuye y aumenta la ansiedad matemática. Por esta razón, el diseño instruccional debe minimizar esta carga, ofreciendo estructuras de apoyo que permitan liberar recursos cognitivos.

Desde la neuroeducación, se recomienda utilizar estrategias como el modelado de resolución paso a paso, el uso de representaciones gráficas, el andamiaje progresivo, y la integración de recursos multisensoriales que ayuden a los estudiantes a distribuir la carga cognitiva.

Boaler (2015) propone también fomentar una mentalidad matemática positiva, donde el error se mire como una oportunidad para el aprendizaje, lo cual reduce el estrés y mejora la atención y la retención.

Tabla 1: Neuroeducación, memoria de trabajo y resolución de problemas en matemáticas

Eje temático	Definición / Enfoque	Aportes clave	Implicaciones para el aprendizaje matemático
Neuroeducación	Disciplina que integra neurociencia, psicología y pedagogía para optimizar el proceso educativo.	Reconoce la importancia de las emociones, la motivación, el entorno y la plasticidad cerebral en el aprendizaje.	Promueve prácticas didácticas alineadas al funcionamiento cerebral infantil, como el uso de entornos enriquecidos, el juego y la retroalimentación positiva.
Memoria de trabajo	Sistema cognitivo de capacidad limitada que retiene y manipula información durante tareas complejas.	Compuesta por componentes como el ejecutivo central, el bucle fonológico y la agenda visoespacial.	Es clave para ejecutar operaciones, seguir instrucciones, resolver problemas y organizar procedimientos. Su sobrecarga genera bajo rendimiento.
Resolución de problemas matemáticos	Actividad que exige razonamiento, análisis, síntesis y toma de decisiones basadas en conocimientos previos.	Involucra funciones ejecutivas: memoria de trabajo, atención, inhibición, flexibilidad cognitiva.	La sobrecarga cognitiva afecta el desempeño. Se recomienda el uso de estrategias como andamiaje, representaciones gráficas y enseñanza paso a paso.

4. Memoria de trabajo y desempeño en matemáticas: revisión de investigaciones

4.1. Bases teóricas del vínculo entre memoria de trabajo y matemáticas

La memoria de trabajo (MT), según el modelo multicomponente de Baddeley, permite mantener y manipular información temporalmente durante la realización de tareas cognitivas complejas. En matemáticas, esta capacidad es esencial para operaciones que exigen mantener múltiples datos activos, seguir procedimientos secuenciales y aplicar estrategias de resolución de problemas (Swanson & Beebe-Frankenberger, 2004).

La MT se considera una de las funciones ejecutivas clave para el aprendizaje matemático, junto con la inhibición y la flexibilidad cognitiva Baddeley (2010). Las habilidades matemáticas no se desarrollan en un vacío, sino que dependen de sistemas cognitivos subyacentes como la memoria de trabajo.

4.2. Evidencia empírica en población infantil

- Swanson & Jerman (2006): En un metaanálisis de estudios sobre estudiantes con dificultades de aprendizaje en matemáticas, se encontró que aquellos con bajo rendimiento presentan deficiencias significativas en su capacidad de memoria de trabajo, particularmente en la manipulación de información verbal y numérica.
- Passolunghi & Siegel (2001): Investigaron a estudiantes de primaria con bajo rendimiento en matemáticas y encontraron que presentaban dificultades específicas en la MT verbal, incluso cuando no tenían dificultades lectoras.
- Geary, (2007): Demostraron que la memoria de trabajo visoespacial es un predictor fundamental del rendimiento matemático en niños de primaria, especialmente en tareas de geometría y estimación espacial.
- Peng et al., (2016): En una revisión sistemática y metaanálisis, confirmaron que tanto la MT verbal como la visoespacial están moderadamente correlacionadas con el rendimiento en matemáticas en estudiantes de educación básica.

4.3. Estudios longitudinales

Alloway & Alloway (2010): En un estudio longitudinal con niños de 5 a 11 años, concluyeron que la capacidad de memoria de trabajo en los primeros años escolares predice significativamente el rendimiento matemático futuro, incluso más que el coeficiente intelectual.

Conclusión empírica: Una MT sólida en edades tempranas contribuye al desarrollo sostenido del pensamiento matemático a lo largo de la educación primaria.

4.4. Relación entre tipo de memoria de trabajo y contenido matemático

Raghubar et al., (2010): Plantean que diferentes tipos de tareas matemáticas requieren distintos componentes de la memoria de trabajo:

- a) Aritmética mental: requiere memoria de trabajo verbal.
- b) Problemas geométricos o espaciales: demandan memoria visoespacial.
- c) Resolución de problemas verbales complejos: necesitan de ambas.

4.5. Aplicaciones en el aula y propuestas de intervención

- a) Gathercole & Alloway (2008): Recomiendan estrategias pedagógicas como la reducción de la carga cognitiva, la instrucción paso a paso, y el uso de apoyos visuales para facilitar el aprendizaje en estudiantes con baja MT.
- b) Cragg & Gilmore (2014): Sugieren integrar entrenamientos cognitivos breves y adaptativos para mejorar funciones ejecutivas como la memoria de trabajo, lo cual puede repercutir positivamente en el aprendizaje matemático.

5. Propuesta

La memoria de trabajo es un componente esencial del sistema cognitivo que permite a los estudiantes mantener, manipular y utilizar información durante la realización de tareas escolares, especialmente en áreas como la resolución de problemas matemáticos. Desde la neuroeducación, se promueve una enseñanza alineada con el funcionamiento del cerebro, respetando los ritmos madurativos y apoyando el desarrollo de funciones ejecutivas.

A continuación, se detallan estrategias pedagógicas fundamentadas en la evidencia:

5.1. Reducir la carga cognitiva mediante instrucciones claras y secuenciadas

Fundamento neuroeducativo: Según Sweller (1988), una sobrecarga cognitiva impide el almacenamiento efectivo de información en la memoria de trabajo.

Aplicación didáctica:

- Dividir problemas complejos en pasos simples y manejables.
- Presentar las instrucciones de forma verbal y visual simultáneamente.
- Usar organizadores gráficos (diagramas, mapas mentales).

Ejemplo: En vez de presentar un problema matemático con múltiples operaciones, guiar a los estudiantes paso a paso con apoyos visuales.

5.2. Uso de andamiajes y apoyos visuales permanentes

Fundamento neuroeducativo: Los andamiajes temporales ayudan a liberar espacio en la memoria de trabajo (Vygotskii, 1978).

Aplicación didáctica:

- Incluir tablas de operaciones, líneas numéricas o pictogramas en el aula.
- Usar fichas con fórmulas o algoritmos visibles durante las actividades.
- Repetición espaciada con apoyo visual.

Ejemplo: Cuando trabajan con fracciones, ofrecer representaciones visuales que refuercen la comprensión.

5.3. Estimular la memoria de trabajo con actividades cognitivas específicas

Fundamento neuroeducativo: La memoria de trabajo puede desarrollarse con tareas que desafíen su capacidad progresivamente (Colom & Flores-Mendoza, 2001).

Aplicación didáctica:

- Juegos de atención y memoria secuencial.
- Actividades que requieren recordar y aplicar reglas (ej: juegos matemáticos con cartas).
- Lectura de problemas que luego se deben reproducir mentalmente.

Ejemplo: Pedir a los estudiantes que recuerden y ordenen una serie de pasos de un problema antes de resolverlo.

5.4. Fomentar la metacognición y autorregulación

Fundamento neuroeducativo: La reflexión sobre el propio pensamiento mejora el uso eficiente de la memoria de trabajo (Flavell, 1979).

Aplicación didáctica:

- Promover que los estudiantes verbalicen cómo resuelven un problema.
- Uso de rutinas de pensamiento como “Pienso – Me pregunto – Aprendí”.
- Diario matemático para anotar cómo resolvieron los ejercicios.

Ejemplo: Pedir que expliquen a un compañero los pasos dados al resolver un problema.

5.5. Incorporar movimiento, emoción y juego

Fundamento neuroeducativo: Las emociones positivas, el movimiento y el juego estimulan la liberación de neurotransmisores que favorecen la consolidación de aprendizajes Immordino-Yang (2016).

Aplicación didáctica:

- Empleo de dinámicas lúdicas que involucren memoria y atención.
- Actividades físicas cortas antes de sesiones cognitivas exigentes.
- Juegos que involucren patrones, secuencias o memoria numérica.

Ejemplo: Juegos de “Simón dice” con secuencias matemáticas o patrones de conteo.

5.6. Rutinas estructuradas y predecibles

Fundamento neuroeducativo: Un entorno organizado y predecible libera recursos cognitivos para el procesamiento de tareas Diamond (2013).

Aplicación didáctica:

- Usar esquemas fijos para las actividades.
- Presentar formatos similares para los problemas.
- Establecer rutinas de resolución paso a paso.

Ejemplo: Empezar siempre la clase con una breve revisión guiada de conceptos clave.

5.7. Uso de tecnología educativa adaptativa

Fundamento neuroeducativo: Algunas herramientas digitales promueven la estimulación específica de funciones ejecutivas como la memoria de trabajo.

Aplicación didáctica:

- Apps o programas específicos para reforzar habilidades numéricas.
- Plataformas gamificadas con retroalimentación inmediata.

Ejemplo: Aplicaciones que plantean ejercicios con aumento progresivo de dificultad y apoyo visual.

6. Discusión

El presente estudio teórico ha permitido profundizar en la relación entre la memoria de trabajo y el desempeño en la resolución de problemas matemáticos durante la educación primaria, desde una perspectiva neuroeducativa. Los hallazgos sugieren que las dificultades persistentes en matemáticas pueden estar significativamente vinculadas con limitaciones en las funciones ejecutivas, especialmente en la memoria de trabajo, tal como lo plantean Alloway & Alloway (2010) y Geary (2011).

Desde el modelo multicomponente de Baddeley (2000), se comprende que el proceso de resolver problemas matemáticos involucra simultáneamente varios subsistemas: el bucle fonológico para retener instrucciones verbales, la agenda visoespacial para representar mentalmente objetos y relaciones espaciales, y el ejecutivo central para planificar, controlar la atención y seleccionar estrategias adecuadas. Esta interacción resulta esencial en tareas que demandan múltiples pasos, análisis lógico y manipulación simultánea de información, habilidades frecuentes en la matemática escolar.

Diversos estudios empíricos Swanson & Jerman (2006) han mostrado que los estudiantes con baja capacidad de memoria de trabajo tienen más dificultades para mantener la información activa, lo que se traduce en errores, pérdida de la secuencia de pasos y frustración en la resolución de problemas. Estas dificultades no solo afectan el rendimiento académico, sino también la percepción de autoeficacia y motivación hacia las matemáticas, generando un círculo vicioso de bajo rendimiento y evitación de la materia.

Frente a esta realidad, la propuesta pedagógica diseñada desde la neuroeducación cobra sentido, ya que busca estimular la memoria de trabajo mediante estrategias contextualizadas, significativas y multisensoriales. Estas estrategias no solo fortalecen la capacidad cognitiva del estudiante, sino que también atienden aspectos emocionales y motivacionales que inciden en el aprendizaje, en concordancia con los aportes de Tokuhamma-Espinosa (2011) y Diamond (2013).

Además, la incorporación de elementos metacognitivos y de autorregulación emocional permite al estudiante tomar conciencia de sus procesos mentales, identificar errores y desarrollar estrategias propias para enfrentar desafíos matemáticos. Este enfoque integral se alinea con las tendencias actuales en neuroeducación que promueven una enseñanza centrada en el funcionamiento del cerebro y en el respeto por los ritmos de desarrollo infantil.

En términos metodológicos, la elección de un análisis conceptual y teórico permitió integrar hallazgos dispersos de investigaciones previas, construir una base argumentativa sólida y generar una propuesta innovadora. Sin embargo, esta fortaleza también delimita el alcance del estudio, ya que no se han incluido datos empíricos propios que permitan validar la propuesta en contextos reales.

Finalmente, los resultados de esta revisión resaltan la importancia de formar a los docentes en principios de neuroeducación, dotándolos de herramientas prácticas para detectar y atender dificultades cognitivas relacionadas con la memoria de trabajo y otras funciones ejecutivas. Esto representa un desafío y una oportunidad para los sistemas educativos que buscan una educación inclusiva, científica y centrada en el estudiante.

6.1. Implicaciones prácticas

Los hallazgos de esta verificación teórica tienen importantes implicaciones para la práctica educativa en el nivel primario, especialmente en el diseño de estrategias pedagógicas que reconozcan el papel central de la memoria de trabajo en el aprendizaje de las matemáticas.

En primer lugar, se hace evidente la necesidad de que los docentes comprendan los principios básicos del funcionamiento cognitivo infantil, particularmente aquellos relacionados con las funciones ejecutivas, como la memoria de trabajo, la atención sostenida y el control inhibitorio. Esta comprensión permite anticipar las dificultades de aprendizaje y responder con intervenciones más ajustadas a las necesidades del estudiantado, como recomiendan Diamond & Lee (2011) y Gathercole et al. (2008).

Además, se sugiere incorporar en el aula prácticas que estimulen deliberadamente la memoria de trabajo, tales como la segmentación de instrucciones, la repetición verbal activa, el uso de organizadores gráficos, la representación visual de problemas y la utilización de juegos educativos que promuevan la planificación y el seguimiento de reglas. Estas estrategias deben ser diseñadas de forma progresiva y contextualizada, considerando los niveles de desarrollo cognitivo de cada estudiante.

Otra implicación relevante es la inclusión de actividades que fomenten el autocontrol emocional y la autorregulación cognitiva, habilidades que inciden directamente en el rendimiento matemático al permitir al estudiante gestionar la frustración, mantener el foco atencional y aplicar estrategias adecuadas frente a los desafíos. Programas escolares que integren rutinas de mindfulness, dinámicas de metacognición o resolución colaborativa de problemas pueden ser especialmente beneficiosos en este sentido (Zelazo & Lyons, 2012).

Asimismo, la propuesta destaca la importancia de un ambiente de aula positivo y estimulante, donde el error sea parte del aprendizaje y no motivo de penalización. En este entorno, los estudiantes con baja capacidad de memoria de trabajo pueden experimentar una mayor disposición a participar, arriesgarse cognitivamente y persistir en la resolución de problemas, factores todos fundamentales para el desarrollo de competencias matemáticas.

Finalmente, estas implicaciones deben ir acompañadas de procesos de capacitación docente continua, centrados en el uso de la neuroeducación como marco para el diseño de estrategias pedagógicas innovadoras, basadas en evidencia científica. La formación del profesorado es un elemento clave para garantizar la implementación efectiva de prácticas que potencien la memoria de trabajo y, por ende, favorezcan un aprendizaje matemático más profundo, significativo y equitativo.

CONCLUSIÓN

El presente estudio teórico permitió analizar de manera profunda la relación entre la memoria de trabajo y el aprendizaje matemático en la educación primaria, bajo el enfoque de la neuroeducación. A partir de la revisión de literatura conceptual y empírica, se evidenció que la memoria de trabajo, como componente esencial del sistema ejecutivo, cumple un rol decisivo en la resolución de problemas matemáticos, al facilitar procesos como el razonamiento lógico, la planificación, la atención sostenida y la inhibición de respuestas impulsivas.

Se identificaron múltiples dificultades que enfrentan los estudiantes con baja capacidad de memoria de trabajo, entre ellas, la pérdida de información durante la resolución de problemas, la dificultad para seguir instrucciones complejas y la tendencia a adoptar estrategias impulsivas. Estas limitaciones no solo afectan el rendimiento académico, sino también la motivación y la autoconfianza del estudiante.

Asimismo, el análisis teórico permitió reconocer el valor de las funciones ejecutivas como mediadoras del aprendizaje y destacó la necesidad de prácticas pedagógicas que favorezcan su desarrollo desde las primeras etapas escolares. En este sentido, se presentaron estrategias basadas en los principios de la neuroeducación que pueden fortalecer la memoria de trabajo en el aula, como la segmentación de tareas, el uso de representaciones visuales, la metacognición, la enseñanza multisensorial y la creación de ambientes emocionalmente seguros.

Por tanto, se concluye que la incorporación de una perspectiva neuroeducativa en la enseñanza de las matemáticas no solo es deseable, sino necesaria. Esta integración permite adaptar la enseñanza a las características del desarrollo cognitivo infantil y promueve un aprendizaje más significativo, equitativo e inclusivo. Además, se enfatiza la importancia de la formación docente continua en temas de neurociencia

aplicada a la educación, como vía para transformar las prácticas pedagógicas tradicionales y responder de forma más eficaz a la diversidad de necesidades presentes en el aula.

Finalmente, se reconoce que, si bien este estudio ofrece una base teórica sólida, se requiere avanzar hacia investigaciones empíricas que evalúen la efectividad de las estrategias propuestas y exploren nuevas metodologías de intervención centradas en el fortalecimiento de la memoria de trabajo en contextos educativos reales.

Con respecto a las líneas futuras de investigación, partir del análisis teórico realizado, se identifican varias áreas que requieren mayor profundización, las mismas que pueden contribuir a consolidar el campo de la neuroeducación y a generar propuestas pedagógicas basadas en evidencia empírica, como por ejemplo: la evaluación empírica de estrategias neuroeducativas en contextos escolares, el análisis longitudinal del desarrollo de las funciones ejecutivas y su relación con el aprendizaje matemático o el diseño e implementación de programas de intervención neuroeducativa, entre otros.

REFERENCIAS

- Alloway, T. P., & Alloway, R. G. (2010). Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. *Journal of Experimental Child Psychology*, 106(1), 20–29. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2009.11.003>
- Alsina i Pastells, A. (2007). ¿Por qué algunos niños tienen dificultades para calcular?: Una aproximación desde el estudio de la memoria humana. *Revista Latinoamericana de Investigación En Matemática Educativa*, 10(3), 315–333. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-24362007000300002&script=sci_arttext
- Ashcraft, M. H., & Krause, J. A. (2007). Working memory, math performance, and math anxiety. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(2), 243–248. <https://doi.org/10.3758/bf03194059>
- Baddeley, A. (2010). Working memory. *Current Biology: CB*, 20(4), R136–R140. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.12.014>
- Benavidez, V., V., & Flores P, R. (2019). La importancia de las emociones para la neurodidáctica. *Revista Wimb Lu*, 14(1), 25–53. <https://doi.org/10.15517/wl.v14i1.35935>
- Boaler, J. (2015). *The elephant in the classroom: Helping children learn and love maths* (2nd ed.). Souvenir Press. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=iyuGDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA4&dq=Boaler+\(2015\)&ots=6eZYQU3wVQ&sig=RF9kcpf1STMK0UsCe_Cbn76i6vU](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=iyuGDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA4&dq=Boaler+(2015)&ots=6eZYQU3wVQ&sig=RF9kcpf1STMK0UsCe_Cbn76i6vU)
- Colom, R., & Flores-Mendoza, C. (2001). Inteligencia y memoria de trabajo: la relación entre factor g, complejidad cognitiva y capacidad de procesamiento. *Psicología: Teoría e Pesquisa*, 17(1), 37–47. <https://doi.org/10.1590/S0102-37722001000100007>
- Condemarín, M., Goróstegui, M. E., Chadwick, M., & Milicic, N. (2016). *Madurez escolar*. Ediciones UC. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=tujmDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=La+neuroeducaci%C3%B3n+tambi%C3%A9n+propone+un+abordaje+integral+del+alumno,+considerando+n+o+solo+su+rendimiento+acad%C3%A9mico,+sino+tambi%C3%A9n+su+funcionamiento+ejecutivo,+su+autorregulaci%C3%B3n+emocional+y+su+estilo+cognitivo.&ots=zAwZ7YOyaG&sig=1XHmWR4XMgyzoRUDtknanfYC1tU>
- Cragg, L., & Gilmore, C. (2014). Skills underlying mathematics: The role of executive function in the development of mathematics proficiency. *Trends in Neuroscience and Education*, 3(2), 63–68. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2013.12.001>
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64(1), 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Diamond, A., & Lee, K. (2011). Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science (New York, N.Y.)*, 333(6045), 959–964. <https://doi.org/10.1126/science.1204529>
- Flavell, J. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34, 906–911. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906>
- Gathercole, S., & Packiam Alloway, T. (2008). *Working memory and learning: A practical guide for teachers*. <https://www.torrossa.com/gs/resourceProxy?an=4913928&publisher=FZ7200>
- Geary, D. C. (2007). An evolutionary perspective on learning disability in mathematics. *Developmental Neuropsychology*, 32(1), 471–519. <https://doi.org/10.1080/87565640701360924>
- Geary, D. C. (2011). Cognitive predictors of achievement growth in mathematics: a 5-year longitudinal study. *Developmental Psychology*, 47(6), 1539–1552. <https://doi.org/10.1037/a0025510>
- Hitch, G. J., & Baddeley, A. D. (1976). Verbal reasoning and working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 28(4), 603–621. <https://doi.org/10.1080/14640747608400587>

- Immordino-Yang, M. H., Yang, X.-F., & Damasio, H. (2016). Cultural modes of expressing emotions influence how emotions are experienced. *Emotion (Washington, D.C.)*, 16(7), 1033–1039. <https://doi.org/10.1037/emo0000201>
- Jensen, E. (2003). *Cerebro y aprendizaje: competencias e implicaciones educativas*. 96. https://www.academia.edu/download/55109481/cerebro_y_aprendizaje__e._jensen.pdf
- Passolunghi, M. C., & Siegel, L. S. (2001). Short-term memory, working memory, and inhibitory control in children with difficulties in arithmetic problem solving. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80(1), 44–57. <https://doi.org/10.1006/jecp.2000.2626>
- Pastells, Á. A. I., & Roca, D. (2003). Un análisis comparativo del papel del bucle fonológico versus la agenda viso-espacial en el cálculo en niños de 7-8 años. *Psicothema*, 15, 241–246. <https://www.redalyc.org/pdf/727/72715214.pdf>
- Peng, P., Namkung, J., Barnes, M., & Sun, C. (2016). A meta-analysis of mathematics and working memory: Moderating effects of working memory domain, type of mathematics skill, and sample characteristics. *Journal of Educational Psychology*, 108(4), 455–473. <https://doi.org/10.1037/edu0000079>
- Raghubar, K. P., Barnes, M. A., & Hecht, S. A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences*, 20(2), 110–122. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2009.10.005>
- Schenkel, E., & Pérez, M. I. (2019). Un abordaje teórico de la investigación cualitativa como enfoque metodológico. *ACTA GEOGRÁFICA*, 12, 30; 12. <https://doi.org/10.5654/ACTA.V12I30.5201>
- Swanson, H. L. (2011). Working memory, attention, and mathematical problem solving: A longitudinal study of elementary school children. *Journal of Educational Psychology*, 103(4), 821–837. <https://doi.org/10.1037/a0025114>
- Swanson, H. L., & Beebe-Frankenberger, M. (2004). The relationship between working memory and mathematical problem solving in children at risk and not at risk for serious math difficulties. *Journal of Educational Psychology*, 96(3), 471–491. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.96.3.471>
- Swanson, H. L., & Jerman, O. (2006). Math disabilities: A selective meta-analysis of the literature. *Review of Educational Research*, 76(2), 249–274. <https://doi.org/10.3102/00346543076002249>
- Tokuhami-Espinosa, T. (2011). Why Mind, Brain, and Education Science is the “New” Brain-Based Education. *New Horizons for Learning*. <https://scholar.google.es/citations?user=wGU0gj4AAAAAJ&hl=es&oi=sra>
- Vygotskii, L. S. (1978). *Mind in society: Development of higher psychological processes* (M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, & E. Souberman (eds.)). Harvard University Press. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=RxjjUefze_oC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Lev+Vygotsky+\(1978\)&ots=okzWR0m3bs&sig=HxZTpbvxNczhEhwTgZd5KACTAy0](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=RxjjUefze_oC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Lev+Vygotsky+(1978)&ots=okzWR0m3bs&sig=HxZTpbvxNczhEhwTgZd5KACTAy0)
- Zelazo, P. D., & Lyons, K. E. (2012). The potential benefits of mindfulness training in early childhood: A developmental social cognitive neuroscience perspective. *Child Development Perspectives*, 6(2), 154–160. <https://doi.org/10.1111/j.1750-8606.2012.00241.x>