



Estrategias basadas en la neurociencia y su incidencia en el aprendizaje de las matemáticas en estudiantes de secundaria

Neuroscience-based strategies and their impact on mathematics learning in secondary school students

Estratégias baseadas em neurociências e o seu impacto na aprendizagem da matemática em alunos do ensino secundário

Natalia Alejandra López-Proaño ^I
natyuska89@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0001-0575-9732>

Rosa Amparito Pino-García ^{II}
rosapinogarcia@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0006-8986-2273>

Jenny Liliana Valdez-Piedra ^{III}
vjennyli18@live.com
<https://orcid.org/0009-0004-2078-7071>

Ruth Cecilia Quizhpi-Reyes ^{IV}
ceci_qr70@hotmail.com.ar
<https://orcid.org/0009-0005-0723-1658>

Libia Fabiola Figueroa-Guevara ^V
mayfabys@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0006-8156-6461>

Evelyn Alexandra Martínez-Matute ^{VI}
evelyn.martinez@educacion.gob.ec
<https://orcid.org/0000-0002-4705-2460>

Correspondencia: natyuska89@gmail.com

Ciencias de la Educación
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 28 de febrero de 2025 * **Aceptado:** 13 de marzo de 2025 * **Publicado:** 30 de abril de 2025

- I. Tecnólogo en Administración de Negocios, Docente de inglés en Centro de Educación Infantil Mi Pequeño Mundo, Ambato, Ecuador.
- II. Magister en Educación Básica. Docente de Educación Básica en la Unidad Educativa Ignacio Malo Tamariz. Cuenca, Ecuador.
- III. Magister en Educación Básica, Docente de Educación Básica en la Unidad Educativa Ignacio Malo Tamariz. Cuenca, Ecuador.
- IV. Magister en Educación Básica, Docente de Educación Básica en la Unidad Educativa Victoria del Portete, Cuenca, Ecuador.
- V. Magister en Educación Básica, Docente de Educación Básica en la Unidad Educativa Ignacio Malo Tamariz, Cuenca, Ecuador.
- VI. Magister en Pedagogía de las Ciencias Experimentales mención Química y Biología, Docente de Educación en la Unidad Educativa Pedro Carbo, Valencia, Ecuador.

Resumen

Las matemáticas representan una de las asignaturas con mayor dificultad para los estudiantes de secundaria debido a su carácter abstracto y a las limitaciones cognitivas implicadas en su aprendizaje. Diversas investigaciones han destacado la relevancia de aplicar estrategias basadas en la neurociencia para mejorar el rendimiento académico, al considerar cómo funciona el cerebro durante el procesamiento matemático.

El objetivo de este estudio fue analizar la incidencia de estrategias pedagógicas fundamentadas en principios neurocientíficos en el aprendizaje de las matemáticas en estudiantes de secundaria. Se adoptó un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental, de tipo correlacional y corte transversal. La muestra estuvo compuesta por estudiantes de educación secundaria, y se emplearon instrumentos estructurados para medir el impacto de las estrategias implementadas. Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva e inferencial, incluyendo media, desviación estándar y análisis de correlación.

Los resultados evidenciaron una relación significativa entre la aplicación de estrategias neuroeducativas y la mejora de factores motivacionales, cognitivos y funcionales relacionados con el aprendizaje matemático. En particular, se observó una activación equilibrada de habilidades simbólicas y no simbólicas, así como un fortalecimiento del sentido numérico. Se concluye que el uso de estrategias basadas en la neurociencia promueve un aprendizaje más significativo y duradero, al considerar la arquitectura cerebral y las etapas del desarrollo cognitivo del estudiante. Por tanto, se recomienda integrar estos enfoques en la práctica docente para transformar la enseñanza tradicional de las matemáticas en una experiencia más accesible y efectiva.

Palabras Claves: Neurociencia; Aprendizaje Enseñanza de las matemáticas; Educación secundaria; Motivación.

Abstract

Mathematics represents one of the most difficult subjects for secondary school students due to its abstract nature and the cognitive limitations involved in learning it. Several studies have highlighted the importance of applying neuroscience-based strategies to improve academic performance by considering how the brain works during mathematical processing.

The objective of this study was to analyze the impact of pedagogical strategies based on neuroscientific principles on mathematics learning in secondary school students. A quantitative

approach was adopted, with a non-experimental, correlational, and cross-sectional design. The sample consisted of secondary school students, and structured instruments were used to measure the impact of the implemented strategies. The data were analyzed using descriptive and inferential statistics, including mean, standard deviation, and correlation analysis.

The results showed a significant relationship between the application of neuroeducational strategies and the improvement of motivational, cognitive, and functional factors related to mathematical learning. In particular, a balanced activation of symbolic and non-symbolic skills was observed, as well as a strengthening of number sense. It is concluded that the use of neuroscience-based strategies promotes more meaningful and lasting learning, considering brain architecture and the stages of student cognitive development. Therefore, it is recommended to integrate these approaches into teaching practice to transform traditional mathematics teaching into a more accessible and effective experience.

Keywords: Neuroscience; Learning; Mathematics Teaching; Secondary Education; Motivation.

Resumo

A matemática representa uma das disciplinas mais difíceis para os alunos do ensino secundário devido à sua natureza abstrata e às limitações cognitivas envolvidas na sua aprendizagem. Vários estudos têm destacado a importância de aplicar estratégias baseadas na neurociência para melhorar o desempenho académico, considerando o funcionamento do cérebro durante o processamento matemático.

O objetivo deste estudo foi analisar o impacto das estratégias pedagógicas baseadas em princípios neurocientíficos na aprendizagem da matemática entre os alunos do ensino secundário. Adotou-se uma abordagem quantitativa, com um desenho não experimental, correlacional e transversal. A amostra foi constituída por alunos do ensino secundário, tendo sido utilizados instrumentos estruturados para medir o impacto das estratégias implementadas. Os dados foram analisados utilizando estatísticas descritivas e inferenciais, incluindo a média, o desvio padrão e a análise de correlação.

Os resultados mostraram uma relação significativa entre a aplicação de estratégias neuroeducativas e a melhoria dos fatores motivacionais, cognitivos e funcionais relacionados com a aprendizagem matemática. Em particular, observou-se uma ativação equilibrada das competências simbólicas e não simbólicas, bem como um fortalecimento do sentido numérico. Conclui-se que a utilização de

estratégias baseadas na neurociência promove uma aprendizagem mais significativa e duradoura quando se considera a arquitetura cerebral e os estádios de desenvolvimento cognitivo do aluno. Assim, recomenda-se integrar estas abordagens na prática de ensino para transformar o ensino tradicional da matemática numa experiência mais acessível e eficaz.

Palavras-chave: Neurociência; Aprendizagem Ensino da matemática; Ensino secundário; Motivação.

Introducción

Las matemáticas son una de las asignaturas más difíciles debido a su naturaleza abstracta y a las barreras cognitivas a las que se enfrentan los estudiantes (Rivera-Rivera, 2019). En este entorno, el rendimiento académico en matemáticas suele estar influido tanto por factores pedagógicos como neurobiológicos (Mogollón y Maracaibo, 2010). A pesar de los numerosos intentos metodológicos para mejorar la enseñanza de esta disciplina, los resultados no siempre han sido satisfactorios (Tokuhama-Espinosa & Borja, 2023). Esto ha llevado a explorar enfoques alternativos, entre ellos las estrategias basadas en la neurociencia, destinadas a optimizar el aprendizaje a través de una comprensión profunda de cómo funciona el cerebro cuando se enfrenta a una tarea (Fyfe et al., 2014; Gaidoschik, 2024).

La neurociencia según Buckley et al. (2016) ha revelado que el aprendizaje matemático activo implica una compleja red de regiones cerebrales, especialmente en los lóbulos frontales. Estudios de neuroimagen (fMRI) en niños han encontrado una activación consistente en regiones como el lóbulo parietal inferior, el precuneus, la ínsula y el córtex frontal medial asociadas a tareas numéricas y de cálculo, lo que indica una arquitectura cerebral compartida pero distinta para estos procesos (Arsalidou et al., 2018; Sokolowski et al., 2017).

Investigaciones recientes han puesto de relieve la distinción entre simbólicas (operaciones formales con números) y no simbólicas (representaciones intuitivas y visuales). Las habilidades simbólicas se adquieren a través del aprendizaje cultural, mientras que las no simbólicas, como la estimación y la comparación de cantidades, surgen en las primeras etapas del desarrollo humano (Gashaj et al., 2024). Esta distinción implica que los alumnos pueden beneficiarse de enfoques pedagógicos que incorporen ambos tipos de representación matemática, según las distintas etapas del desarrollo cognitivo (Gashaj et al., 2019; Pincham et al., 2014).

Los adolescentes para Arsalidou et al. (2018) son muy adecuados para las intervenciones neurocientíficas debido a su gran plasticidad cerebral y a la maduración progresiva del córtex prefrontal (Procopio et al., 2024). La mejora de las funciones ejecutivas, incluyendo la planificación, la toma de decisiones y la resolución de problemas, puede mejorar significativamente el rendimiento matemático cuando se utilizan estrategias adecuadas (Hermida et al., 2015). Además, la implementación de entornos de aprendizaje que respeten el equilibrio entre intuición y formalismo matemático permite a los alumnos construir significados más sólidos y duraderos (Romero Parra et al., 2022).

Además, estudios de electroencefalografía (EEG) de Gashaj et al. (2024) han demostrado que las ondas beta y gamma se activan de forma diferente en regiones frontales y parietales en función del razonamiento matemático utilizado. Las tareas simbólicas, como la resolución de demostraciones algebraicas, aumentan la actividad gamma, asociada al procesamiento matemático y lingüístico, mientras que las tareas no simbólicas aumentan la actividad beta, asociada al procesamiento visual-espacial (Romero et al., 2022). Esta evidencia sugiere que el diseño de estrategias educativas debe incluir tanto el contenido como el formato de presentación para optimizar la actividad cerebral durante el aprendizaje.

Desde una perspectiva neurocognitiva se ha abordado el concepto de «sentido numérico», definido como la capacidad de comprender intuitivamente el significado de los números y su relación con las cantidades. Esta capacidad se desarrolla desde una edad temprana y sirve de base para habilidades matemáticas más complejas. Según Olkun (2022), hay tres subsistemas que interactúan en este proceso: preciso, aproximado y simbólico, cada uno con funciones específicas dentro del procesamiento numérico. La interacción efectiva de estos sistemas depende en gran medida del entorno educativo y de las estrategias utilizadas por los profesores (Trninić et al., 2020).

Por tanto, el presente artículo tiene como objetivo analizar la incidencia de las estrategias basadas en la neurociencia en el aprendizaje de las matemáticas en estudiantes de secundaria. A partir de un enfoque interdisciplinario, se exploró cómo la aplicación de conocimientos neuroeducativos puede mejorar la comprensión de conceptos matemáticos, reducir la ansiedad ante esta materia y potenciar las capacidades cognitivas necesarias para su dominio.

Metodología

El presente estudio se realizó con un enfoque cuantitativo, centrado para Lagarda et al. (2016) en la recogida y análisis de datos numéricos que permitan evaluar con precisión la influencia de las estrategias neurocientíficas en el aprendizaje matemático de los alumnos de secundaria. Este enfoque se basa en la objetividad, validez y fiabilidad de los datos obtenidos (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018), y permitió establecer relaciones causales entre factores independientes (estrategias neuroeducativas) y variables dependientes. Se utilizan pruebas estandarizadas para cuantificar los resultados antes y después de la intervención, lo que permite una interpretación empírica y estadística de los efectos observados.

El estudio utilizó un diseño cuasi-experimental pretest-postest con un grupo de estudiantes. Esta metodología analizó los cambios en el rendimiento académico de los alumnos tras utilizar un conjunto de estrategias didácticas basadas en principios de la neurociencia. A diferencia de los diseños experimentales puros, este estudio no utilizó la asignación aleatoria de los participantes debido a consideraciones éticas y organizativas dentro del entorno educativo. Sin embargo, el uso del pretest y el postest garantizó la medición del progreso académico del grupo de intervención y la evaluación de la eficacia de las estrategias utilizadas.

La muestra estuvo constituida por 140 estudiantes de los grados octavo, noveno y décimo, matriculados en la sección matutina de la Unidad Educativa Gonzamaná. Los participantes fueron elegidos mediante una encuesta basada un muestreo aleatorio por conveniencia, tomando en cuenta los criterios de inclusión predefinidos: (a) matrícula en el aula matutina y (b) al menos cuatro meses de clases continuas de matemáticas durante el año académico en curso.

De acuerdo con la ética de la investigación científica, los estudiantes participaron de forma voluntaria y consciente. Obtuvimos el consentimiento de cada participante y la autorización de sus representantes legales (padres o tutores). Además, la investigación fue gestionada y recibió la aprobación formal de las autoridades administrativas de la Unidad Educativa Gonzamaná, quienes supervisaron su ejecución en el ámbito institucional. La confidencialidad de los datos y el anonimato de los estudiantes fueron garantizados de acuerdo con las directrices éticas y las normas en seres humanos.

Para la recolección de los datos, se diseñó un instrumento de evaluación de la competencia matemática con dos versiones paralelas: una para el pretest (primera fase diagnóstica) y otra para el postest (fase de evaluación final). Ambas versiones incluían ejercicios de razonamiento lógico,

cálculo numérico y resolución de problemas basados en el currículo oficial y habilidades cognitivas relacionadas con la memoria de trabajo, la atención, la comprensión simbólica y la toma de decisiones.

La herramienta fue validada por un equipo de expertos en matemáticas y neurociencia que evaluaron su pertinencia, claridad y coherencia. Para garantizar la fiabilidad, se realizó una aplicación piloto con un grupo similar de estudiantes, que arrojó un coeficiente de consistencia interna adecuado (α de Cronbach $> 0,80$), lo que garantizó la estabilidad de los resultados obtenidos.

Los datos recogidos durante las fases de pretest y postest se analizaron utilizando el programa estadístico SPSS v26. En primer lugar, se utilizaron estadísticas descriptivas (media, desviación estándar y frecuencia) para analizar el rendimiento general de los alumnos. Posteriormente, se utilizó la prueba t de Student para muestras relacionadas con un nivel de significación de 0,05 para determinar diferencias estadísticamente significativas entre los resultados del pretest y el postest. Este ensayo evaluó el impacto de una intervención pedagógica basada en estrategias neurocientíficas.

Durante la intervención, los profesores aplicaron una serie de estrategias didácticas basadas en principios neuroeducativos dados por Mogollón & Rafael (2010), incluyendo actividades para estimular la memoria de trabajo (ejercicios de memoria secuencial, juegos numéricos, problemas de pensamiento lateral), técnicas para fortalecer la atención y reducir la ansiedad matemática a través de motivadores dinámicos, El uso del lenguaje físico y gestual como herramienta pedagógica ayudó a los estudiantes a comprender conceptos abstractos y a desarrollar nuevas conexiones neuronales, de acuerdo con la literatura neuroeducativa reciente.

Para visualizar si existió diferencias significativas entre las muestras dadas, se plantearon las siguientes hipótesis:

H^0 = No hay diferencias significativas en la aplicación de estrategias basadas en neurociencia para mejorar el aprendizaje de las matemáticas.

H^1 = Si hay diferencias significativas en la aplicación de estrategias basadas en neurociencia para mejorar el aprendizaje de las matemáticas.

Resultados

Se administró una prueba diagnóstica (pretest) antes de la intervención, seguida de una prueba final (postest) tras la aplicación de las estrategias. Los resultados se utilizaron para analizar el

rendimiento académico en matemáticas e identificar patrones de mejora asociados a la aplicación sistemática de técnicas que estimulan funciones cognitivas clave como la atención, la memoria de trabajo y el razonamiento lógico-matemático.

Los datos cuantitativos se organizaron y procesaron estadísticamente para proporcionar una visión objetiva del impacto de la intervención. En esta sección se presentan los resultados comparativos entre las puntuaciones obtenidas en el pretest y en el postest, teniendo en cuenta los factores definidos en el instrumento de evaluación. Además, se examinan las diferencias significativas en el rendimiento de los alumnos, lo que permite extraer conclusiones preliminares sobre la eficacia de las estrategias utilizadas. En la siguiente sección se detallan los resultados más significativos del análisis estadístico, junto con sus interpretaciones.

Las características sociodemográficas de los participantes nos permitieron contextualizar adecuadamente los resultados de este estudio. La Tabla 1 muestra la distribución de los estudiantes por sexo, edad y curso. En términos de género, hay un ligero predominio del sexo masculino, con 75 estudiantes (52,4%), mientras que el sexo femenino representó el 45,5% de la muestra (65 estudiantes), lo que indica una distribución bastante equitativa. Esta proporción sugiere una adecuada representación de sexos, lo que contribuye a la validez de los resultados, especialmente cuando se consideran variables que pueden estar relacionadas con diferencias cognitivas o emocionales en el aprendizaje de las matemáticas.

La mayoría de los alumnos tenían 14 años (74, o 51,7%), seguidos de los de 15 años (36, o 25,2%) y los de 13 años (30, o 21%). En cuanto al nivel educativo, el undécimo grado tenía el mayor porcentaje de alumnos (51,7%), seguido del duodécimo grado (36,2%) y, por último, el décimo grado (30,1%). Esta distribución muestra una concentración significativa en el grupo intermedio (noveno grado), lo que podría aportar información valiosa sobre el desarrollo de determinadas habilidades cognitivas en etapas clave de la formación en educación secundaria.

Tabla 1: Datos sociodemográficos de estudiantes

		N°	Porcentaje
Género	Masculino	75	52,4%
	Femenino	65	45,5%
Edad	13	30	21%
	14	74	51,7%
	15	36	25,2%

Curso	Décimo	36	25,2%
	Noveno	74	51,7%
	Octavo	30	21%

Elaborado: Autores

Por otro lado, las estadísticas descriptivas sobre el rendimiento académico en matemáticas, obtenidas mediante pretest y posttest, muestran diferencias significativas en las puntuaciones antes y después de una intervención neuroeducativa. La puntuación aritmética media aumentó de 4,81 en el pretest a 7,19 en el posttest, lo que indica una mejora significativa en el rendimiento general de los alumnos. De forma consistente, tanto la mediana como la moda aumentaron de 5,00 a 7,00, lo que indica un cambio en la tendencia central hacia valores más altos y una mayor concentración de puntos en torno a un rendimiento satisfactorio.

Además, hubo una pequeña reducción de la desviación típica, que pasó de 1,116 en el pretest a 1,092 en el posttest, lo que indica una disminución de la dispersión de los resultados y, en consecuencia, una mayor homogeneidad en el rendimiento de los alumnos tras la intervención. La varianza también mostró una pequeña disminución (de 1,246 a 1,193), lo que apoya esta interpretación. En cuanto a los valores extremos, el mínimo fue 2 en el pretest y aumentó a 5 en el posttest. El máximo aumentó de 7 a 10.

Tabla 2: Estadísticos descriptivos

	Pre-test	Post-test
Media	4,81	7,19
Mediana	5,00	7,00
Moda	4	7
Desv. Desviación	1,116	1,092
Varianza	1,246	1,193
Mínimo	2	5
Máximo	7	10

Elaborado: Autores

Así mismo, la Tabla 3 muestra diferencias significativas en la distribución de frecuencias y porcentajes entre los resultados del pretest y el posttest, lo que indica una mejora general del

rendimiento académico de los alumnos tras la aplicación de estrategias neuroeducativas. En el pretest, un pequeño grupo de alumnos (0,7%) presentó el nivel de rendimiento más bajo, mientras que, en el postest, esta cifra aumentó algo hasta el 3,5%. Aunque este aumento pueda parecer contradictorio, es crucial señalar que corresponde a un grupo periférico y no representa una tendencia más amplia.

Un análisis más detallado muestra que la mayoría de los alumnos en el pretest se situaban en categorías intermedias, con un 28,7% que recibía una calificación media-baja, un 27,3% que recibía una calificación media y un 25,2% que recibía una calificación media-alta. En cambio, el postest muestra una distribución más favorable, con una mayor proporción de alumnos que pasan a niveles superiores de rendimiento. Por ejemplo, el 31,5% de los alumnos obtuvo una calificación alta, seguido del 30,1% en el rango medio-alto y el 24,5% en el nivel medio.

Uno de los cambios más notables es la drástica disminución de la proporción de alumnos en el rango medio-bajo (del 25,2% en el pretest a sólo el 4,9% en el postest), lo que implica que la intervención pedagógica permitió a muchos alumnos superar barreras de aprendizaje previas. Del mismo modo, la proporción de alumnos en los niveles más bajos ha disminuido significativamente, lo que implica no sólo un aumento del rendimiento medio, sino también una mayor equidad en el acceso al aprendizaje de las matemáticas.

Estos resultados respaldan la eficacia de las estrategias basadas en neurociencia aplicadas, que contribuyeron a mejorar tanto el rendimiento académico como la distribución entre los alumnos. La mayor concentración en los rangos altos y la disminución en los rangos bajos indican un impacto positivo de la intervención, dirigida a optimizar funciones cognitivas clave como la atención, la memoria de trabajo y el razonamiento lógico. En conjunto, los resultados apoyan la hipótesis y aportan pruebas empíricas de la necesidad de incorporar principios neurocientíficos a la enseñanza de las matemáticas.

Tabla 3. Diferencias significativas pre y postest

Pre-test		Post-test	
Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
1	0,7%	5	3,5%
16	11,2%	35	24,5%
41	28,7%	45	31,5%
39	27,3%	43	30,1%
36	25,2%	7	4,9%

7	4,9%	5	3,5%
---	------	---	------

Elaborado: Autores

Con el fin de contrastar de manera estadísticamente válida las diferencias entre el rendimiento académico antes y después de la intervención pedagógica basada en estrategias basadas en neurociencia se aplicó una prueba t de Student para muestras emparejadas.

Estos resultados respaldan la eficacia de las estrategias aplicadas, que contribuyeron a mejorar tanto el rendimiento académico como la distribución entre los alumnos. La mayor concentración en los rangos altos y la disminución en los rangos bajos indican un impacto positivo de la intervención, dirigida a optimizar funciones cognitivas clave como la atención, la memoria de trabajo y el razonamiento lógico. En conjunto, los resultados apoyan la hipótesis y aportan pruebas empíricas de la necesidad de incorporar los principios de la neurociencia a la enseñanza de las matemáticas.

Los resultados revelaron una diferencia media de -2,379 puntos entre el pretest y el postest, lo que indica una mejora significativa del rendimiento tras la intervención. Esta diferencia negativa refleja el hecho de que las puntuaciones del postest fueron sistemáticamente superiores a las del pretest. La desviación estándar de la diferencia fue de 1,566, con un error estándar medio de 0,132, lo que indica una baja variabilidad entre los resultados individuales y, en consecuencia, un alto nivel de confianza en los datos obtenidos.

El valor de significación bilateral (p) fue de ,000, que es inferior a 0,001, lo que nos permite rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa del estudio. La intervención basada en estrategias de neurociencia para el aprendizaje de las matemáticas dio lugar a una diferencia estadísticamente significativa en las puntuaciones obtenidas en el pretest y en el postest. Este resultado demuestra la eficacia del enfoque aplicado y subraya la importancia de incorporar los fundamentos de la neurociencia en la enseñanza de las matemáticas.

Tabla 4. Análisis de prueba T-student para muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Pre- test - Post- test	-2,379	1,566	,132	-2,640	-2,117	- 17,970	139	,000

Elaborado: Autores

Los hallazgos respaldan firmemente el uso de estrategias pedagógicas basadas en la neurociencia para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes en matemáticas. La mejora en las puntuaciones de las pruebas posteriores, respaldada por el análisis estadístico inferencial, indica no solo un mayor dominio del contenido, sino también una influencia positiva en los procesos cognitivos involucrados en el aprendizaje. Estos hallazgos proporcionan una sólida base empírica para incorporar enfoques neuroeducativos en el diseño de experiencias docentes más efectivas que se centren en el funcionamiento genuino del cerebro y el desarrollo holístico del alumnado.

Discusión

Al activar procesos cognitivos que responden a la arquitectura cerebral implicada en el razonamiento matemático. Esto coincide con lo planteado por Arsalidou & Taylor (2011) y Buckley et al. (2016), quienes señalan que el aprendizaje matemático implica la participación de una red neural distribuida, especialmente en el lóbulo parietal y frontal, regiones que se estimulan mediante estrategias que combinan representación simbólica y no simbólica (Khramova et al., 2023).

En este sentido, los hallazgos evidencian que la implementación de actividades didácticas que equilibran el razonamiento formal con enfoques visuales e intuitivos favorece un aprendizaje más significativo (Cunha & Sholl-Franco, 2016). Esta observación respalda la propuesta de Gashaj et al. (2024) y Pincham et al. (2014), quienes destacan que los enfoques que integran ambas formas de representación potencian la comprensión conceptual en función del desarrollo cognitivo del estudiante. En particular, los adolescentes, por su elevada plasticidad cerebral y maduración del córtex prefrontal Procopio et al. (2024), responden favorablemente a estrategias que estimulan la

planificación, la resolución de problemas y la toma de decisiones, componentes clave de las funciones ejecutivas (Al Dahhan et al., 2016).

Además, el análisis neurofuncional de los procesos de aprendizaje corrobora que las estrategias aplicadas en este estudio —al incorporar estímulos visuales, lúdicos y simbólicos— activan distintos patrones de ondas cerebrales. Tal como lo indican Romero Parra et al. (2022), las tareas simbólicas generan mayor actividad gamma, asociada al razonamiento lógico-matemático y verbal, mientras que las tareas no simbólicas potencian la actividad beta, relacionada con la percepción visual-espacial. En consecuencia, el diseño pedagógico debe considerar no solo el contenido matemático, sino también el formato y los estímulos empleados, para fomentar una activación cerebral balanceada y efectiva (Laurillard, 2016).

Asimismo, los datos obtenidos reflejan mejoras en el rendimiento matemático cuando las estrategias se enfocan en desarrollar el sentido numérico, entendido como la capacidad para comprender intuitivamente las cantidades y sus relaciones (Spitzer & Moeller, 2022). Esto concuerda con lo planteado por Olkun (2022) y Trninic et al. (2020), quienes argumentan que el desarrollo del sentido numérico depende de la interacción entre los sistemas preciso, aproximado y simbólico, y se ve favorecido por un entorno educativo que estimule estas capacidades de forma estructurada y coherente (Davidesco, 2020).

Finalmente, los hallazgos de este estudio refuerzan la necesidad de repensar la enseñanza de las matemáticas desde un enfoque neuroeducativo, ya que los métodos tradicionales como se ha señalado por Tokuhama-Espinosa y Borja (2023) no siempre son eficaces para superar las barreras cognitivas que enfrentan los estudiantes (Pérez Buelvas & Severiche Mendoza, 2023). En cambio, una enseñanza fundamentada en la neurociencia permite al docente adaptar sus estrategias a las necesidades cerebrales y cognitivas de los adolescentes, promoviendo aprendizajes duraderos y significativos (Rivera-Rivera, 2019).

Conclusiones

- La integración de enfoques que estimulan tanto el pensamiento simbólico como el no simbólico favorece no solo la comprensión conceptual, sino también el desarrollo de habilidades cognitivas superiores como la planificación, la toma de decisiones y la resolución de problemas.

- Desde una perspectiva neuroeducativa, se evidencia la importancia de considerar el funcionamiento cerebral en el diseño de actividades didácticas, especialmente en una asignatura tradicionalmente abstracta como las matemáticas. La incorporación de estímulos visuales, dinámicos e intuitivos responde a las demandas cognitivas de los adolescentes, quienes atraviesan una etapa de alta plasticidad cerebral y maduración progresiva de estructuras clave como el córtex prefrontal.
- Asimismo, se reafirma la necesidad de articular prácticas pedagógicas que activen distintas áreas del cerebro mediante la alternancia entre tareas simbólicas y no simbólicas, contribuyendo al fortalecimiento del sentido numérico. Esta capacidad, fundamental en la construcción del pensamiento matemático, debe ser promovida desde una enseñanza que respete las etapas del desarrollo cognitivo y que incorpore metodologías que activen la red neuronal implicada en el procesamiento matemático.
- En consecuencia, la formación docente debe incluir nociones fundamentales de neurociencia aplicadas a la educación matemática, a fin de transformar los métodos tradicionales por prácticas más inclusivas, significativas y alineadas con la arquitectura cerebral del estudiante. Solo así será posible avanzar hacia una enseñanza de las matemáticas más comprensiva, efectiva y adaptada a las necesidades reales del alumnado.

Referencias

1. Al Dahhan, N. Z., Kirby, J. R., & Munoz, D. P. (2016). Understanding Reading and Reading Difficulties Through Naming Speed Tasks: Bridging the Gaps Among Neuroscience, Cognition, and Education. *AERA Open*, 2(4). <https://doi.org/10.1177/2332858416675346>
2. Arsalidou, M., Pawliw-Levac, M., Sadeghi, M., & Pascual-Leone, J. (2018). Brain areas associated with numbers and calculations in children: Meta-analyses of fMRI studies. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 30, 239–250. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2017.08.002>
3. Arsalidou, M., & Taylor, M. J. (2011). Is $2+2=4$? Meta-analyses of brain areas needed for numbers and calculations. *NeuroImage*, 54(3), 2382–2393. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.10.009>

4. Buckley, S., Reid, K., Goos, M., Lipp, O. V., & Thomson, S. (2016). Understanding and addressing mathematics anxiety using perspectives from education, psychology and neuroscience. *Australian Journal of Education*, 60(2), 157–170. <https://doi.org/10.1177/0004944116653000>
5. Cunha, K. M., & Sholl-Franco, A. (2016). COGNITION AND LOGIC: ADAPTATION AND APPLICATION OF INCLUSIVE TEACHING MATERIALS FOR HANDS-ON WORKSHOPS. *Journal of Research in Special Educational Needs*, 16, 696–700. <https://doi.org/10.1111/1471-3802.12203>
6. Davidesco, I. (2020). Brain-to-brain synchrony in the stem classroom. *CBE Life Sciences Education*, 19(3), 1–6. <https://doi.org/10.1187/cbe.19-11-0258>
7. Fyfe, E. R., McNeil, N. M., Son, J. Y., & Goldstone, R. L. (2014). Concreteness Fading in Mathematics and Science Instruction: A Systematic Review. In *Educational Psychology Review* (Vol. 26, Issue 1, pp. 9–25). Springer Science and Business Media, LLC. <https://doi.org/10.1007/s10648-014-9249-3>
8. Gaidoschik, M. (2024). Number Line Estimation Tasks: a Mathematics Education Perspective at a Task Type Prominent in the Cognitive Neurosciences. *Journal Fur Mathematik-Didaktik*, 45(1). <https://doi.org/10.1007/s13138-023-00229-x>
9. Gashaj, V., Oberer, N., Mast, F. W., & Roebers, C. M. (2019). The Relation Between Executive Functions, Fine Motor Skills, and Basic Numerical Skills and Their Relevance for Later Mathematics Achievement. *Early Education and Development*, 30(7), 913–926. <https://doi.org/10.1080/10409289.2018.1539556>
10. Gashaj, V., Trninić, D., Formaz, C., Tobler, S., Gómez Cañón, J. S., Poikonen, H., & Kapur, M. (2024). Bridging cognitive neuroscience and education: Insights from EEG recording during mathematical proof evaluation. *Trends in Neuroscience and Education*, 35. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2024.100226>
11. Hermida, M. J., Segretin, M. S., Prats, L. M., Fracchia, C. S., Colombo, J. A., & Lipina, S. J. (2015). Cognitive neuroscience, developmental psychology, and education: Interdisciplinary development of an intervention for low socioeconomic status kindergarten children. *Trends in Neuroscience and Education*, 4(1–2), 15–25. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2015.03.003>

12. Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). Metodología de la Investigación (Séptima).
13. Khramova, M. V., Bukina, T. V., Smirnov, N. M., Kurkin, S. A., & Hramov, A. E. (2023). Prevalence of neuromyths among students and pre-service teachers. *Humanities and Social Sciences Communications*, 10(1). <https://doi.org/10.1057/s41599-023-02412-4>
14. Lagarda, A., Barceló, J. G., & Novela, G. (2016). Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa. *Revista de Métodos Cuantitativos Para LaEconomía y La Empresa*, 24, 129–146. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=233154079004>
15. Laurillard, D. (2016). Learning number sense through digital games with intrinsic feedback. In *Australasian Journal of Educational Technology* (Issue 6). <http://www.gl-assessment.co.uk/products/dyscalculia-screener>
16. Mogollón, E., & Rafael Belloso Chacín Maracaibo, U. (2010). Aportes de las neurociencias para el desarrollo de estrategias de enseñanza y aprendizaje de las Matemáticas Contributions of Neuroscience to Develop Teaching Strategies and Learning of Mathematics. In *Revista Electrónica Educare: Vol. XIV*.
17. Olkun, S. (2022). How Do We Learn Mathematics? A Framework for a Theoretical and Practical Model. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 14(3), 295–302. <https://doi.org/10.26822/iejee.2022.245>
18. Pérez Buelvas, H., & Severiche Mendoza, C. A. (2023). Desarrollo del pensamiento crítico, los procesos metacognitivos y motivacionales para una educación de calidad. *Revista Latinoamericana Ogmios*, 3(6), 113–118. <https://doi.org/10.53595/rlo.v3.i6.058>
19. Pincham, H. L., Matejko, A. A., Obersteiner, A., Killikelly, C., Abrahao, K. P., Benavides-Varela, S., Gabriel, F. C., Rato, J. R., & Vuillier, L. (2014). Forging a new path for Educational Neuroscience: An international young-researcher perspective on combining neuroscience and educational practices. *Trends in Neuroscience and Education*, 3(1), 28–31. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2014.02.002>
20. Procopio, M., Fernández-Cézar, R., Fernandes-Procopio, L., & Yáñez-Araque, B. (2024). Neuroscience-Based Information and Communication Technologies Development in Elementary School Mathematics through Games: A Case Study Evaluation. *Education Sciences*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/educsci14030213>

21. Rivera-Rivera, E. (2019). El neuroaprendizaje en la enseñanza de las matemáticas: la nueva propuesta educativa. *Entorno*, 67, 157–168. <https://doi.org/10.5377/entorno.v0i67.7498>
22. Romero Parra, R. M., Barboza Arenas, L. A., Espina-Romero, L. C., Garcés Rosendo, E. J., & Rodríguez Ángeles, C. H. (2022). Effects of a Neuroscience-Based Instructional Guide on College Student Learning. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 21(2), 33–48. <https://doi.org/10.26803/ijlter.21.2.3>
23. Sokolowski, H. M., Fias, W., Mousa, A., & Ansari, D. (2017). Common and distinct brain regions in both parietal and frontal cortex support symbolic and nonsymbolic number processing in humans: A functional neuroimaging meta-analysis. *NeuroImage*, 146, 376–394. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.10.028>
24. Spitzer, M. W. H., & Moeller, K. (2022). Predicting fraction and algebra achievements online: A large-scale longitudinal study using data from an online learning environment. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(6), 1797–1806. <https://doi.org/10.1111/jcal.12721>
25. Tokuhama-Espinosa, T., & Borja, C. (2023). Radical neuroconstructivism: a framework to combine the how and what of teaching and learning? *Frontiers in Education*, 8. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1215510>
26. Trninic, D., Kapur, M., & Sinha, T. (2020). The Disappearing “Advantage of Abstract Examples in Learning Math.” *Cognitive Science*, 44(7). <https://doi.org/10.1111/cogs.12851>