



BENILDA MARÍA CANTILLO-  
RUDAS<sup>1</sup>,  
Panamá.

CAMILO ANDRÉS RODRÍGUEZ-  
NIETO<sup>2</sup>,  
Colombia

## Relaciones entre la Neurociencia y la Educación Matemática: un estado del arte

### *Relationships between Neuroscience and Mathematical Education: a state of the art*

#### RESUMEN

Actualmente, el campo de la neurociencia ha experimentado un notable crecimiento en la investigación y su influencia en diversas disciplinas se ha ampliado, especialmente en el ámbito educativo, donde desempeña un papel fundamental al explicar y comprender cómo responde el cerebro a ciertos estímulos y desafíos. La neuroeducación, que se basa en el análisis de la mente y el cerebro en relación con la educación, se convierte en un elemento esencial para adaptar métodos y técnicas de enseñanza que faciliten este proceso. En este contexto, el objetivo de esta investigación fue analizar la relación entre la neurociencia y la educación matemática, y el comprender cómo esta disciplina, contribuye a mejorar los métodos de enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas. Para ello, se sigue un enfoque cualitativo y un método de revisión de la literatura siguiendo tres fases: 1) búsqueda de la información, 2) organización de la información, y, por último, 3) el análisis de la información donde se reconocieron múltiples investigaciones sobre la neurociencia y su conexión con la educación matemática. Los hallazgos indican que la neurociencia ofrece valiosos conocimientos para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, al comprender mejor el funcionamiento cerebral y cómo afectan las emociones al proceso de aprendizaje. Se concluye que, la integración de la neurociencia en la educación matemática abre nuevas oportunidades para la innovación y la creación de métodos de enseñanza más efectivos con enfoques educativos revolucionarios que beneficien a estudiantes de todas las edades.

**Palabras clave:** Neurociencia, Neurodidáctica, Educación matemática.

#### ABSTRACT

Currently, the field of neuroscience has experienced notable growth in research, and its influence in various disciplines has expanded, especially in the educational field, where it plays a fundamental role in explaining and understanding how the brain responds to certain stimuli and challenges. Neuroeducation, which is based on the analysis of the mind and brain in relation to education, becomes an essential aspect to adapt teaching methods and techniques that facilitate this process. In this context, the objective of this research was to analyze the relationship between neuroscience and mathematics education, and to understand how this new discipline contributes to improving teaching methods and learning of mathematics. Methodologically, a qualitative approach and a literature review method are followed following three phases: 1) search for information, 2) organization of information, and, finally, 3) the analysis of the information where multiple investigations on neuroscience and its connection with mathematics education were recognized. The findings indicate that neuroscience offers valuable insights to improve the teaching and learning of mathematics by better understanding brain functioning and how emotions affect the learning process. It is concluded that the integration of neuroscience in mathematics education opens new opportunities for innovation and the creation of more effective teaching methods with revolutionary educational approaches that benefit students of all ages.

**Keywords:** Neuroscience, Neurodidactics, Mathematics education.

#### Correspondencia:

<sup>1</sup>Benilda-m.cantillo-r@up.ac.pa

<sup>2</sup>crodrigu79@cuc.edu.co

Recibido el 03/12/2023  
Aprobado en 03/01/2024



## INTRODUCCIÓN

Los seres humanos presentan diferencias individuales en la forma como procesan y comprenden los conceptos y problemas matemáticos (FONTAO, 1999; ORRANTIA et al., 2018). En muchos casos, los docentes de esta área evidencian desconocimiento acerca de las deficiencias neurobiológicas (dificultades en la memoria de trabajo, déficits en la función ejecutiva, dificultades en el procesamiento numérico, discalculia, alteraciones en la atención selectiva y sostenida, problemas en la integración sensorial, disfunciones en el procesamiento visual o auditivo, problemas en la automatización de habilidades básicas, déficits en la conciencia numérica) que presentan los estudiantes al momento de abordar las tareas matemáticas (CID, 2010; DUBINSKY et al., 2022). Debido a sus ocupaciones puntuales en su quehacer pedagógico y didáctico, algunos profesores no poseen el espacio y la capacidad suficiente para atender las necesidades específicas de cada estudiante y se requiere una mayor preparación en los profesores de matemáticas sobre la integración de la neurociencia en la educación matemática. (GARCÍA, 2011). De hecho, los principios de la neurociencia cognitiva

Han revolucionado conceptos como inteligencia y desarrollo; reconocer que la plasticidad cerebral es la posibilidad del cerebro de permanecer abierto a las continuas influencias del medio ambiente durante toda la vida y ser modificado por él, reta profundamente al docente a entender que la enseñanza es determinante en la construcción del cerebro y de las expectativas que pueden generarse sobre el desarrollo de los alumnos sin importar el déficit que presenten (RODRÍGUEZ-GARZA, 2016, p. 245).

A partir de esa realidad en el campo educativo, la neurociencia toma relevancia como una disciplina científica relacionada con la salud mental, que puede utilizarse en pro de atender las

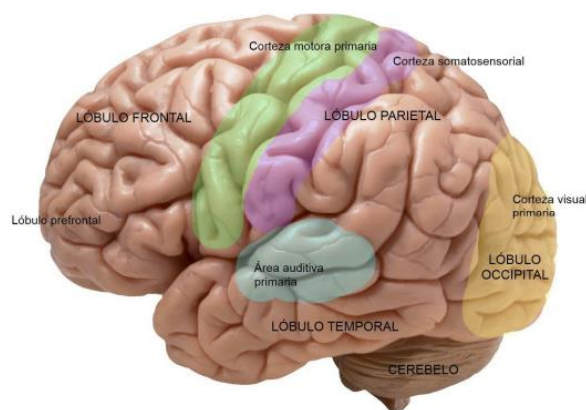
dificultades de aprendizaje en matemáticas incidir en la adaptación de los métodos de enseñanza de esta área de conocimiento en las escuelas y contribuir en el mejoramiento de la calidad educativa.

A medida que se descubren más detalles sobre el funcionamiento del cerebro en relación con las matemáticas (RADFORD; ANDRÉ, 2009; DEHAENE, 2016; BALLESTRA et al., 2006), surgen inquietudes y propuestas para el desarrollo de prácticas educativas más efectivas. Particularmente, en esta investigación se analizan las relaciones entre la neurociencia y la educación matemática, para ello, se realiza una revisión de la literatura que da cuenta del estado actual de la investigación sobre la temática en cuestión. Esta visión permitirá comprender cómo esta disciplina contribuye a mejorar los métodos de enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas.

Algunas investigaciones han reportado la relevancia de la neurociencia y neuroeducación para contribuir a la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, y en especial, de las matemáticas. Por ejemplo, Mogollón (2010) investigó sobre los niveles que abarcan lo cognitivo, semiótico, lenguaje, la afectividad y la superación de las fobias a la asignatura de matemáticas y las relaciones entre las estructuras cerebrales con el pensamiento matemático. Por su parte, Vargas-Vargas (2013) profundizó en los vínculos entre las matemáticas y la neurociencia donde identificó preguntas relevantes para ahondar en este campo, entre las que se destacan: ¿los conceptos matemáticos son innatos o se aprenden? Si se aprenden, ¿cuándo se aprenden? ¿Qué zonas del cerebro están encargadas de la tarea matemática? Las cuales han motivado trabajos referidos al funcionamiento del cerebro de acuerdo con las habilidades matemáticas de los sujetos, así como las áreas implicadas en las matemáticas y su procesamiento cerebral: cortezas motoras, somatosensoriales, visuales y auditivas primarias (ver Figura 1).

Figura 1. Áreas cerebrales y matemáticas. Algunas áreas implicadas en el procesamiento.





Fuente: Tomada de Vargas-Vargas (2013)

En cuanto a la neurociencia y otras perspectivas de investigación en Educación Matemática, Barallobres (2016) reflexionó sobre la manera en la cual las ciencias cognitivas y la didáctica de las matemáticas abordan cuestiones relacionadas con las dificultades de aprendizaje en matemáticas y cuáles son las causas desde la cognición para que los estudiantes muchas veces no comprendan los objetos y procedimientos matemáticos.

En este contexto, se comparte la idea de que los estudiantes deben potenciar sus habilidades (adquirir la competencia de resolución de problemas y lograr la capacidad de razonar cuantitativamente, argumentar y justificar procesos y procedimientos que se promueven en distintos escenarios de las clases de matemáticas) (Ministerio de Educación Nacional [MEN], 2006; National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 2000). No obstante, es importante matizar los procesos matemáticos desde una perspectiva psicológica, cognitiva y neurocognitiva.

## FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A continuación, se muestra, por un lado, la conceptualización de neurociencia con sus tipos de aplicaciones y/o relaciones y, por otro lado, cómo se entiende la Educación Matemática.

### ¿Qué es la neurociencia y su relación con la neuroeducación?

La neurociencia se ocupa del estudio del sistema nervioso del cerebro y de comprender cómo funciona la mente humana, investigando los procesos y las relaciones de los fenómenos cognitivos, las estructuras cerebrales y las manifestaciones que se producen (GONZÁLEZ, 2022).

Por otra parte, la neuroeducación es una disciplina que surge de la interacción entre las neurociencias, la psicología y la educación. Su objetivo principal es integrar los conocimientos sobre el funcionamiento y desarrollo cerebral en el ámbito educativo para mejorar la práctica pedagógica de maestros y docentes (CARBALLO MÁRQUEZ, 2017).

La neurociencia y la neuroeducación están ciertamente relacionadas, debido a que la neuroeducación hace utilidad de los conocimientos de la neurociencia para así ayudar en la mejora de la práctica educativa. (GUIMET, 2020; LONGO, 2022). Finalmente se podría decir que la neurociencia es la base científica que sostiene la neuroeducación, ya que esta última es la encargada de aplicar los conocimientos neurocientíficos en el campo educativo (GALLEGO, 2017).

### La Educación Matemática

La educación matemática, también llamada matemática educativa o didáctica de las matemáticas, es una disciplina la cual busca comprender los fenómenos y desafíos relacionados con el aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas. Asimismo, se dedica a desarrollar teorías que expliquen estos fenómenos y permitan plantear propuestas para abordarlos, a través de la modificación de las variables presentes en los procesos educativos (WALDEGG, 1998).

También existe una educación matemática interdisciplinar e integral, la cual tiene el objetivo de conectar las matemáticas con otras



disciplinas y beneficiar a los estudiantes en la escuela cuando reconocen que las matemáticas se pueden encontrar en muchas otras áreas de la vida cotidiana (BORROMEIO, 2019).

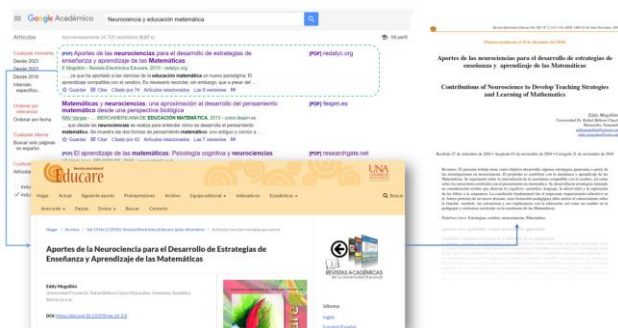
## METODOLOGÍA

Esta investigación es cualitativa-descriptiva (COHEN et al., 2018) donde se usó un método especial para la revisión de la literatura sobre la incidencia de la neurociencia en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas siguiendo tres fases (GÓMEZ-LUNA et al., 2014): 1) búsqueda de la información en diversas bases de datos, 2) organización de la información en categorías, y, por último, 3) el análisis de la información donde se reconocieron múltiples investigaciones sobre la neurociencia y su conexión con la educación matemática.

### Primera Fase: Búsqueda de la información

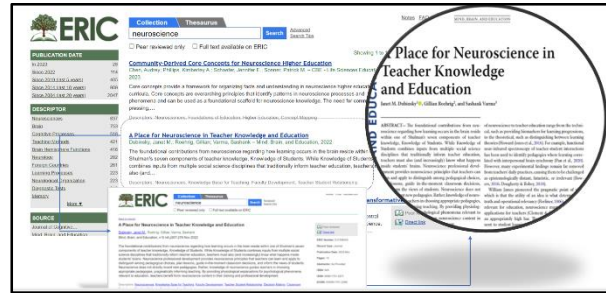
Se realizaron diversas búsquedas de la información en bases de datos como Google académico, Eric, Scopus, entre otros, donde se identificaron tesis, artículos, libros y capítulos de libros, en los que se destaca el potencial y la influencia de la neurociencia en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas (ver Figura 2 y Figura 3).

Figura 2. búsqueda de la información en Google académico



Fuente: elaboración propia.

Figura 3. búsqueda de la información en ERIC



Fuente: elaboración propia.

En esta investigación se consideraron setenta investigaciones que se organizaron por tipos de documentos de manera detallada, resaltando los aspectos más relevantes y vínculos entre neurociencia y educación matemática.

### Segunda Fase: Organización de la información

Después de la búsqueda de la información en diferentes bases de datos, se organizaron los documentos de tal manera que permitieron establecer categorías referidas a:

- 1) Neurociencia en general.
- 2) La neurociencia dentro del proceso del aprendizaje de la matemática.
- 3) La incidencia de la neurociencia en el desarrollo del aprendizaje de las matemáticas.

Además, las investigaciones se concentraron en la figura 4, especificando nombre de los autores, título del artículo, año de publicación, entre otros.

Figura 4. Organización de la información.



| Categoría            | Nombre de los autores  | Título de la investigación  | Revista/ editorial   | Base de dato     | Tipo de documento | Año de publicación |
|----------------------|--|---|--|------------------|-------------------|--------------------|
| Neurociencia         | Arifin y Termimi   | The impact of neuroscience literacy on sustainability of the students' mathematics learning environment | Journal of Sustainability Science and Management                     | Google académico | Artículo          | 2022               |
|                      | Méndez González Alejandra                                      | Emociones a través del juego  | Bonemérita y centenaria Escuela normal del estado de san Luis potosí | Google académico | Tesis             | 2022               |
| Educación matemática | Arsalidou, Marie, Matthew Pawlivo, Mahsa Sadeghi, Juan Pascual | Brain areas associated with numbers and calculations in children: Meta-analysis of fMRI studies         | Neurociencia cognitiva del desarrollo                                | Scopus           | Artículo          | 2018               |
|                      | Daniel Ansari  | Efectos del desarrollo y la aculturación sobre la representación de números en el cerebro               | Nature revisa la neurociencia  | Eric             | Artículo          | 2008               |

Fuente: elaboración propia

**Tercera Fase: Análisis de la información** Se amplía en la sección de resultados presentados enseguida.

## RESULTADOS

En este apartado se encontrarán las diversas investigaciones localizadas a partir de una búsqueda exhaustiva en la literatura sobre neurociencia, neurociencia y educación matemática y los principales aportes de estas disciplinas de manera integradora al aprendizaje y enseñanza de las matemáticas.

### Neurociencia

La necesidad de integrar los avances de la investigación en el campo de la neurociencia en la educación tuvo sus raíces en la década de 1960, cuando Gaddes (1968) abordó los desafíos del aprendizaje desde una perspectiva neuropsicológica. Desde entonces, varios autores como Tokuhama-Espinosa y Nouri (2020), Shonkoff (2017) y Dehaene (2021), han enfatizado la importancia de comprender el funcionamiento del cerebro como punto de partida para mejorar el proceso de aprendizaje.

La neurociencia educativa, o neuroeducación, es un campo emergente que fusiona la investigación en neurociencia, psicología y educación con el propósito de aplicar los descubrimientos sobre los mecanismos

neuronales en la práctica educativa (THOMAS et al., 2019). El objetivo es optimizar todos los aspectos de la enseñanza y el aprendizaje (MARTÍNEZ-GONZÁLEZ et al., 2018).

La neuroeducación es una nueva disciplina que está orientada hacia “el proceso de enseñanza-aprendizaje desde los conocimientos de la neurociencia aplicada” (BEJAR, 2014, p.49). Dentro de este campo de interacción entre la neurociencia y las matemáticas, ha surgido el concepto de neuromatemática, el cual se concibe como:

La disciplina científica que estudia la aplicación de los conocimientos y avances de la neurociencia sobre los mecanismos cerebrales asociados al aprendizaje de la matemática y los procesos pedagógicos y didácticos dados en la enseñanza y aprendizaje de la matemática (GIRALDO; ZABALA; PARRAGUEZ, 2021, p. 380).

En parte, con la neuromatemática, se busca comprender los procesos cognitivos, emocionales y operativos de la mente cuando se realiza el aprendizaje de las matemáticas, en el cual, se combina también, métodos conductuales y neurocientíficos, y cuyo objetivo central, es lograr una comprensión más amplia de los mecanismos neurocognitivos que están subyacentes al aprendizaje y para apoyar el desarrollo de una instrucción eficaz en el caso de las matemáticas.

La comprensión y explicación de los procesos cerebrales proporciona una visión integral del aprendizaje, lo que podría llevar a mejoras en las estrategias pedagógicas para adaptar la enseñanza de manera más eficaz a las características individuales y las necesidades específicas de los estudiantes (FISCHER et al., 2010).

La neurociencia permite observar al cerebro, como un circuito altamente interconectado que opera en red, por tanto, es esencial considerar



simultáneamente todos los procesos involucrados, desde los aspectos físicos e instintivos hasta los procesos cognitivos y socioemocionales (THOMAS et al., 2019). La incorporación de la investigación neurocientífica en el proceso de aprendizaje implica asumir una perspectiva dual, tanto desde el punto de vista del docente como del alumno.

## La neurociencia dentro del proceso del aprendizaje de la matemática

La neurociencia, ha contribuido de manera significativa en la cognición matemática y el aprendizaje. En cuanto a la interpretación numérica, se ha evidenciado mediante la neuroimagen, que el cerebro opera de forma no abstracta (COHEN; WALSH, 2009). Por su parte Barallobres (2016) analizó cómo las ciencias cognitivas y la didáctica de las matemáticas se ocupan de los desafíos en el aprendizaje de las matemáticas, explorando las causas cognitivas que a menudo llevan a que los estudiantes no comprendan los conceptos y procesos matemáticos.

En relación con Las neuromatemáticas constituyen una nueva disciplina dentro del ámbito de la neurociencia, dedicada al estudio y análisis del cerebro y su actividad mediante la aplicación de métodos matemáticos (DE LA SERNA, 2020). Los números al igual que las palabras transmiten pensamientos e ideas tanto o más complejas que con el lenguaje (GELMAN; BUTTERWORTH, 2005). Según los avances de la neurociencia, se ha considerado, que el hemisferio izquierdo, es donde existe un mayor reconocimiento, tanto del lenguaje hablado como escrito e igualmente, está implicado en la numeración, las matemáticas y la lógica (DE LA SERNA, 2020).

El lóbulo parietal, es una zona del cerebro que da la capacidad de comprender el lenguaje escrito y resolver problemas matemáticos. Esta zona

desarrolla una serie de funciones cognitivas, como la atención, el procesamiento numérico y la memoria de trabajo, por tanto, cuando este lóbulo se ve afectado, se produce la aparición de la discalculia (problemas con las matemáticas). Esta patología, fue descubierta por Lewandowski y Stadelman en 1908, que da cuenta de las alteraciones semánticas sobre cantidades, déficit en la comprensión y expresión de números y problemas en los cálculos matemáticos.

En el caso de la atención matemática, interviene el sistema bilateral parietal posterior-superior, que posibilita la orientación espacial y no espacial en el sistema de representación mental de las cantidades (DE LA SERNA, 2020).

En lo que respecta a las bases neuronales, la operación de comprensión y expresión numérica a través de la forma verbal se localiza en el área del lenguaje, específicamente en el hemisferio dominante, que suele ser el izquierdo, y más concretamente en el giro angular.

Por su parte, la representación de los números son procesados en la corteza occipito-temporal ventral media y en el giro fusiforme. Con respecto a la representación abstracta de cantidades, está involucrada de forma bihemisférica los surcos intraparietales (DE LA SERNA, 2020).

Se considera que, en los procesos de comprensión numérica y el cálculo, se establece toda una red distribuida a nivel neuronal donde hay una distribución de diferentes tareas que están acompañadas del análisis de la estimulación, la identificación del estímulo, la asignación de valor y cantidad y su manipulación, y todo ello, previo a la pronunciación de la palabra correspondiente a dicha cantidad.

Por su parte, Dehaene y sus colegas (DEHAENE; PIAZZA; PINEL; COHEN, 2003), examinaron los sistemas neuroanatómicos encargados del procesamiento de diferentes operaciones matemáticas (adición y



sustracción). Dentro de sus hallazgos, establecieron que las personas representan números en una cantidad mental línea. Además, la aritmética mental, en particular la adición y la división, activan el surco intraparietal, que interviene en procesos cuantitativos relacionados con la recta numérica (LEE; FONG, 2011).

La corteza parietal juega un papel crucial en el cálculo de bajo nivel, representación simbólica y no simbólica y ejecución automática después de una práctica extensa (por ejemplo, recuperación de hechos). Mientras que la corteza prefrontal, está involucrada en cálculos más complejos y procesamientos algorítmicos (COHEN et al., 2010; ANSARI, 2008; COHEN KADOSH et al., 2007), y admite la asignación de recursos mentales durante el proceso de aprendizaje cognitivo es fundamental para alcanzar una ejecución automática eficiente (CHEIN, 2012).

Estudios previos destacaron los factores cognitivos, emocionales y sociales asociados con educación matemática (LENT; LOPEZ; BIESCHKE, 1993; HACKETT, 1985). En los últimos años, ha habido un gran interés en la investigación de los sustratos neuronales de la cognición matemática y educación, y las regiones frontal y parietal, han sido repetidamente resaltadas como regiones claves (ARSALIDOU et al., 2018; MENON, 2016). En un contexto neurobiológico, la falta de formación en educación matemática podría afectar los cambios neuronales en las regiones que son involucrados en la adquisición de habilidades de matemáticas, principalmente en frontoparietales regiones (“cuenta de plasticidad”). Este proceso, puede ser favorecido por concentraciones de neurotransmisores que precedieron a los cambios anatómicos.

En cuanto a los modelos cognitivos más populares de procesamiento numérico, se menciona el modelo de código triple propuesto por Dehaene y colegas (DEHAENE; COHEN, 1995; DEHAENE et al., 2003), el cual expone tres códigos distintos de las representaciones mentales en el plano de la cognición matemática

y que dependen de la tarea a resolver. Según el modelo del triple código denominado “neurofuncional” (DEHAENE; COHEN, 1995), existen tres instancias en que los números son manipulados mentalmente. Así:

Un input verbal activa una representación verbal, la cual es identificada con sus dígitos o con una representación de cantidades, así la palabra “una docena” va a ser traducida como “uno” + “docena”; pero igualmente la lectura de una cifra “1492” va a provocar la identificación de dígitos para luego convertirlo en representación verbal y enunciarlo en palabras mediante un output (DE LA SERNA, 2020, p.20).

El primer sistema del modelo de código triple propuesto está referido a la cantidad y es comúnmente conocido como el "sentido numérico" en la teoría cognitiva, el cual emplea una representación semántica no verbal de asociaciones de tamaño y distancia entre números en una recta numérica. Además, facilita las comparaciones de magnitud (por ejemplo, más frente a menos) y la aproximación (estimación) y recluta los lados derecho e izquierdo del surco intraparietal, una estructura cerebral que previamente se ha asociado con el procesamiento de información numérica entre otras funciones cognitivas funciones.

El segundo sistema, el verbal, representa los números en un formato verbal (léxicamente, fonológica y sintácticamente), siendo un esquema mental que se activa cuando los hechos aritméticos se familiarizan y se aprenden a través del aprendizaje de memoria, como las tablas de suma y multiplicación. También se ha propuesto que el sistema visual está involucrado en la representación y manipulación espacial de números en formato simbólico (por ejemplo, números arábigos). Se recluta en tareas que exigen orientación de atención espacial, como en la comparación de números, la aproximación, la resta y el conteo.



El tercer sistema es el lóbulo parietal superior, en el cual ha tomado mayor relevancia para probar hipótesis sobre el aprendizaje aritmético y especular sobre las redes neuronales que sustentan la cognición numérica.

Según el modelo de simulación por computadora de cómo el cerebro puede extraer información no simbólica para un conjunto visual de objetos (DEHAENE; CHANGEUX, 1993), se expone que las ubicaciones de cada elemento separado están codificadas por neuronas separadas. Luego estas neuronas transmiten su información a un sistema que está sintonizado en una numerosidad específica (por ejemplo, el número 7) y corresponde dicha evidencia para el caso de los animales. En ese sentido, grabaciones unicelulares en el área intraparietal del mono macaco (ROITMAN; BRANNON; PLATT, 2007), han apoyado la evidencia para un sistema de codificación de suma de numerosidad (NIEDER; MILLER, 2004). Una neurona selectiva de números también se ha identificado dentro y cerca de la corteza intraparietal del mono macaco (NIEDER; FREEDMAN; MILLER, 2002; NIEDER; MILLER, 2004; SAWAMURA; SHIMA; TANJI, 2002).

En los humanos, se han descrito tipos similares de vías cerebrales para numerosidades simbólicas y no simbólicas (SANTENS et al., 2010). También se ha demostrado que hay interferencia, por ejemplo, exhibida a través de tiempos de reacción más largos, cuando el tamaño numérico de los dígitos o su significado es incompatible con el tamaño físico de la fuente (GIRELLI; LUCANGELI; BUTTERWORTH, 2000; HENIK; TZELGOV, 1982; RUBINSTEN et al., 2002).

En particular, el surgimiento de la automaticidad numérica parece depender de la educación formal para los números simbólicos, es decir, números o palabras. (GIRELLI et al., 2000; HENIK; TZELGOV, 1982; RUBINSTEN et al., 2002), Además, parece ser menos dependiente de la educación formal para números no simbólicos o numerosidades, por ejemplo,

representado como grupos de puntos (GEBUIS et al., 2009).

Según De la serna (2020), el individuo con predisposición a la matemática es aquel que tiene una dominancia cortical izquierda (zona de los cuadrantes cerebrales, en donde opera en mayor grado, lo lógico, crítico, analítico y realista), lo cual, le facilita esta labor y le permite un mayor y mejor desarrollo profesional en áreas relacionadas con los números.

Dehaene (2009) sostiene que la intuición numérica, que abarca las adiciones y sustracciones fundamentales presentes en todas las culturas humanas, guarda una relación con la actividad del lóbulo parietal, específicamente en una región situada en el surco intraparietal de ambos hemisferios cerebrales. Además, el autor plantea un "reto futuro consistente en explorar de qué manera la educación puede influir en la modificación de nuestras intuiciones fundamentales sobre los números".

De acuerdo con las investigaciones de Dehaene et al. (2003), se ha establecido una conexión entre ciertas áreas cerebrales relacionadas con el lenguaje y aquellas involucradas en el cálculo matemático. Dehaene, en particular, ha señalado que la región cerebral conocida como el "Surco Horizontal Intraparietal" o HIPS (Horizontal Intraparietal Sulcus) parece activarse cuando se requiere realizar una operación aritmética que implique una representación numérica cuantitativa.

Esta región muestra una mayor activación cuando los sujetos están realizando cálculos en comparación con simplemente leer números, lo que sugiere su influencia en el procesamiento semántico de los números. Además, sugieren que el HIPS es esencial para la representación semántica de los números como cantidades. Esta representación podría servir como la base de nuestra "intuición numérica", que a menudo se refiere a la comprensión inconsciente e inmediata de las cantidades (DEHAENE; COHEN, 1995).





## La incidencia de la neurociencia en el desarrollo del aprendizaje de las matemáticas

Según Fernández (2010), la intersección entre la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas ha sido un punto crucial en el contexto de la neurociencia. En ese sentido, el papel del docente es fundamental al explorar las herramientas pedagógicas utilizadas para fomentar el modelo cognitivo en consonancia con el neuroaprendizaje y el neurodesarrollo, desde múltiples perspectivas de acción. Por otra parte, la conexión entre el enfoque de enseñanza y aprendizaje y la aplicación de la neurociencia sugiere que debe comenzar con una comprensión sólida por parte de todos los docentes sobre el funcionamiento del cerebro. Así mismo, el desarrollo cognitivo debe ser enriquecido desde la infancia, es decir, en los primeros años de formación académica. Esto se logra a través de la consecución de objetivos y competencias que aseguren que los estudiantes adquieran las habilidades necesarias para desenvolverse con éxito en el futuro.

Para Méndez González (2022), las emociones tanto del docente como del estudiante juegan uno de los papeles más importantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje; es por ello, que se debe prestar mucha atención a esta actividad mental, pues las emociones tienen una relación directa con la adquisición de los conocimientos que se adquieren en este proceso, por tanto, se debe valorar en primer lugar las emociones durante todo este proceso. De igual manera, Vences-Vences et al. (2021), exponen que la deficiente gestión de las emociones negativas que emergen durante la ejecución de la tarea puede significativamente mermar la habilidad para resolver problemas y manejar información matemática compleja.

Así mismo, Gastiabur (2022), expone que muchos estudiantes presentan dificultades para comprender los contenidos de matemáticas. Además, experimentan falta de motivación e interés en la asignatura, por ello, para este autor, dicha situación podría estar relacionada con la ausencia de aplicación de principios de neurociencia por parte de los docentes. Es decir, la falta de utilización de estrategias que involucren la activación de conocimientos previos y la estimulación de diferentes tipos de inteligencias en los estudiantes, como lo son la visual, auditiva y kinestésica. Por ejemplo, la teoría de las inteligencias múltiples: Inteligencia Musical, Corporal-cinestésica, Lingüística, Lógico-matemática, Espacial, Interpersonal, Intrapersonal y Naturalista (GARDNER, 2005). Según este autor, es de importancia incorporar enfoques neurocientíficos en la pedagogía para abordar las dificultades de aprendizaje y la falta de motivación en esta asignatura. Además, se resalta el aporte de conocer la neurociencia y aplicar sus principios en el proceso didáctico para favorecer el aprendizaje significativo y el desarrollo de habilidades en el educando.

Por otra parte, para Rivadeneira y Vivanco (2022) surge la necesidad de superar los enfoques memorísticos y autoritarios en la educación matemática, que limitan las herramientas de los alumnos y no les permiten afrontar los cambios en su desarrollo psicosocial y escolar, por ello, y a pesar de las numerosas opciones tecnológicas, aún no se ha logrado una completa innovación educativa que reemplace las prácticas pedagógicas tradicionales y permita una interiorización significativa de experiencias de aprendizaje. En ese sentido, plantean que para transformar el sistema educativo se requiere una base pedagógica interdisciplinaria que fomente el desarrollo integral del individuo en aspectos cognitivos, sociales, afectivos, biológicos y creativos. En este contexto, la neuropedagogía lúdica adquiere relevancia al brindar conocimientos sobre el cerebro y su funcionamiento, lo que permitirá al docente adoptar un enfoque de enseñanza-aprendizaje más dinámico y efectivo. Se considera que



mediante actividades que estimulan la cognición y ejercicios de gimnasia cerebral, se logra que el cerebro asocie experiencias agradables con el aprendizaje, fomentando la participación, la colectividad, la creatividad y el componente afectivo que es esencial para un aprendizaje efectivo (RIVADENEIRA; VIVANCO, 2022).

De igual manera, Hunt y Maloney (2022) subrayan la importancia de considerar las evaluaciones actuales de experiencias matemáticas previas y respaldan la interpretación que tiene en cuenta la ansiedad en el ámbito de las matemáticas, debido a que se requiere de una reinterpretación de eventos pasados con el propósito de brindar apoyo al aprendizaje presente y futuro de las matemáticas, así como al compromiso con dicho aprendizaje. Por su parte, Bakar y Termimi (2022) consideran que el proceso de aprendizaje de las matemáticas guarda una profunda relación con la actividad cerebral. En ese sentido, en el campo de la neurociencia se ha definido que diversas regiones cerebrales mecanizan y responden al proceso complejo de adquisición de conocimientos matemáticos.

Esta estrecha interacción entre el aprendizaje matemático y el funcionamiento cerebral requiere de una explicación detallada y práctica. Sin embargo, la falta de información y comprensión en el ámbito de la neurociencia obstaculiza los esfuerzos por mejorar el entorno en el que se desarrolla el aprendizaje de las matemáticas. Por ende, el objetivo de este estudio consiste en evaluar el impacto de la alfabetización en neurociencia en el contexto del aprendizaje de las matemáticas por parte de los estudiantes.

También se menciona a Rivera-Rivera (2019), quien considera que el cerebro humano se presenta como un órgano maleable que puede ser fortalecido en beneficio propio a medida que se profundiza en su comprensión. Para el autor, los más recientes hallazgos emanados de la neurociencia cognitiva revelan que la educación contemporánea precisa de una reformulación

profunda, evitando quedar obsoleta frente a la reciente avalancha tecnológica.

Aunque es fundamental reconocer que la educación no se limita al ámbito escolar, la institución educativa y los educadores deben preparar a los futuros ciudadanos para un mundo en constante cambio. Para lograrlo, es esencial abandonar el enfoque educativo basado únicamente en la transmisión de conceptos abstractos y descontextualizados que carecen de aplicación práctica. En ese sentido, los estudiantes deben adquirir la capacidad de aprender a aprender y la escuela debe facilitar el desarrollo de habilidades concretas que les permitan abordar los desafíos de la vida cotidiana: un aprendizaje con relevancia para la vida misma. Este enfoque demanda principalmente una inteligencia de naturaleza socioemocional.

De igual manera, la optimización del aprendizaje ocurre cuando el estudiante se convierte en un actor central en su propio proceso educativo, es decir, cuando aprende a través de la acción. Esta dinámica se ve favorecida cuando el aprendizaje es placentero y se desarrolla en un ambiente emocional positivo. El cerebro tiene la capacidad de mejorar y fomentar la creatividad, lo que resalta la importancia fundamental de la neuroeducación en este contexto (RIVERA-RIVERA, 2019).

Así mismo, Vargas (2013) considera que el proceso de adquisición de competencias matemáticas precisa de una inversión cognitiva que posiblemente se ha traducido en modificaciones cerebrales a lo largo de la historia de la especie humana. Este autor, hace relevancia de las actividades recreativas de carácter sensorio-motor, tales como el ejercicio, las expresiones artísticas y el reposo nocturno, debido a que pueden favorecer estos procesos de adaptación cerebral. Además, expone que la orientación de los educadores y la práctica de actividades físicas (práctica deportiva, danza), artísticas (música, pintura, escultura) e intelectuales desde épocas tempranas de la vida,



son fundamentales para garantizar el desarrollo adecuado de un pensamiento matemático.

En otra investigación de Mogollón (2010), se resalta la interacción entre una enseñanza alineada con el funcionamiento cerebral y las estructuras cognitivas relacionadas con el pensamiento matemático. Estas estrategias, abarcan múltiples niveles que incluyen aspectos cognitivos, semióticos, lingüísticos, emocionales y la superación de posibles aversiones hacia la materia. Según este autor, la formación del nuevo docente debe incorporar conocimientos sobre el aprendizaje alineado con el funcionamiento cerebral y su relación con las neurociencias cognitivas, tanto a nivel básico como superior. Por ello, es importante destacar el papel crucial de la memoria de trabajo, no solo en el aprendizaje del cálculo matemático, sino también en otras disciplinas que involucren la toma de decisiones.

Se considera que es imperante a futuro, de una transformación en la formación docente, de un cambio en la pedagogía y en la estructura curricular específica para la enseñanza de las matemáticas. Esto debido a que la neurociencia cognitiva, ha demostrado que la educación está al borde de transformaciones fundamentales y por ello, la fusión entre las neurociencias y la educación es inevitable y solo requiere un diálogo continuo para lograr una integración exitosa (MOGOLLÓN, 2010).

## DISCUSIÓN

A la luz del marco teórico desarrollado, se establecen las conclusiones desde los siguientes aspectos y su respectiva discusión:

- Se resalta la importancia del papel del docente en la enseñanza de las matemáticas desde una perspectiva neurocientífica.
- Es de importancia que los docentes consideren las emociones y lo cognitivo de sus estudiantes durante el proceso de

enseñanza-aprendizaje de las matemáticas.

- Se subraya la importancia de utilizar estrategias pedagógicas que involucren diferentes tipos de inteligencias en los estudiantes, como lo son la visual, auditiva y kinestésica en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas.
- Se aboga por la incorporación de enfoques neurocientíficos en la pedagogía para abordar las dificultades de aprendizaje y la falta de motivación en matemáticas.
- Se hace necesario superar enfoques memorísticos y autoritarios en la educación matemática.
- Se requiere de una base pedagógica interdisciplinaria que incluya la neurociencia dentro del proceso formativo de los estudiantes.
- Se resalta la relevancia de la neuro pedagogía lúdica para un aprendizaje dinámico y efectivo de las matemáticas.
- Se hace énfasis en considerar las evaluaciones de experiencias matemáticas previas y la ansiedad en matemáticas.
- Se deben reinterpretar eventos pasados para apoyar el aprendizaje presente y futuro en matemáticas.
- Surge la necesidad de una reformulación profunda en la educación matemática y en su estrecha relación con el funcionamiento cerebral.
- Plantear la necesidad de la alfabetización en neurociencia para mejorar el aprendizaje de las matemáticas.



- Es de importancia la inversión cognitiva en la adquisición de competencias matemáticas y su posible impacto en las modificaciones cerebrales.
- Se debe alinear la enseñanza de las matemáticas con el funcionamiento cerebral y las estructuras cognitivas relacionadas.
- La formación del docente debe incorporar conocimientos sobre el aprendizaje basado en el funcionamiento cerebral y las neurociencias cognitivas.

Todo lo anterior, hace relevante que se dé a conocer la importancia de la neurociencia dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas., debido a que esta disciplina ofrece una comprensión del cerebro como un sistema interconectado, abarcando aspectos físicos, instintivos, socioemocionales y cognitivos. Y el conocimiento de todos estos aspectos en el campo educativo, posibilitan el que se desarrollen métodos más integrales y eficaces en el desarrollo cognitivo de las matemáticas.

Por otra parte, la integración de la investigación neurocientífica en la educación matemática beneficia tanto a docentes como a estudiantes, ya que proporciona un entendimiento más profundo del funcionamiento cerebral y permite la creación de entornos de aprendizaje más efectivos.

Se debe considerar que la plasticidad cerebral demuestra que se pueden modificar las conexiones neuronales y la estructura del cerebro a través de la práctica, lo que motiva a incluir la neurociencia en planes de estudio para mejorar el aprendizaje de las matemáticas. Así mismo, la actividad matemática se relaciona con los lóbulos frontal y parietal del cerebro, con una región específica (surco apical) asociada al control de habilidades matemáticas y percepción visual-espacial.

El hecho de resolver problemas matemáticos complejos requiere la coordinación de múltiples regiones cerebrales debido a la interacción simultánea de habilidades lingüísticas, espaciales, conceptuales, aritméticas, algebraicas y lógicas, y desde esa perspectiva de la neurociencia, es donde se valida su incidencia en el aprendizaje de las matemáticas. Por tanto, el desarrollo de esta disciplina puede influir en la complejidad del proceso matemático, generando áreas de investigación interconectadas.

La ansiedad relacionada con las matemáticas puede afectar la estructura cerebral, especialmente la amígdala. Esto puede obstaculizar el desarrollo de habilidades matemáticas y se asocia con cambios en regiones cerebrales relacionadas con el procesamiento del miedo. En ese sentido, el considerar los factores emocionales, como la ansiedad, es esencial para comprender y abordar los desafíos en la cognición matemática, especialmente en niños con discalculia.

En síntesis, la neurociencia ofrece valiosos conocimientos para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, al comprender mejor el funcionamiento cerebral y cómo afectan las emociones al proceso de aprendizaje. Además, resalta la importancia de abordar la ansiedad relacionada con las matemáticas para mejorar el rendimiento y la calidad de vida de los estudiantes.

## CONSIDERACIONES FINALES

En relación con lo desarrollado en el presente texto, se logra inferir con gran validez, que la neurociencia tiene una incidencia positiva en el proceso de aprendizaje de las matemáticas, debido a que puede transformar la forma en que se enseña y se aprende las matemáticas, promoviendo un aprendizaje más efectivo, personalizado y accesible para todos.



Por una parte, esta investigación cobra relevancia, porque si bien, se han realizado muchas revisiones de la literatura sobre otras temáticas (e.g., Arenas-Peñaloza; Rodríguez-Vásquez, 2021; RODRÍGUEZ-NIETO et al., 2022), por ejemplo, en el trabajo de Rodríguez-Nieto et al. (2022) resaltaron la importancia y los aportes de las redes teóricas en Educación matemática profundizando en la potencialidad de articular teorías para analizar fenómenos o problemáticas en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. No obstante, en la presente investigación se enfoca dar cuenta de la influencia de la neurociencia en los procesos didácticos de las matemáticas, así como una revisión de la literatura especializada.

Además, la neurociencia ofrece perspectivas esclarecedoras sobre cómo el entorno de aprendizaje, que abarca desde la disposición del aula hasta las herramientas de enseñanza, puede influir en el proceso de adquisición de conocimientos matemáticos. En ese sentido, el dar a conocer las potencialidades de esta disciplina, puede conllevar a que se generen ambientes educativos que favorezcan el aprendizaje efectivo y el que se diseñen instrumentos educativos más efectivos para el aprendizaje de las matemáticas.

Se debe considerar que la investigación en neurociencia ha dado lugar a la creación de tecnologías educativas avanzadas, como programas de entrenamiento cerebral y aplicaciones de aprendizaje adaptativo, que pueden mejorar significativamente la enseñanza de las matemáticas y hacer que sea más atractiva para los estudiantes.

Así mismo, la integración de la neurociencia en la educación matemática abre nuevas oportunidades para la innovación en la pedagogía. Esto puede llevar a la creación de métodos de enseñanza más efectivos y a la introducción de enfoques educativos revolucionarios que beneficien a estudiantes de todas las edades.

Por último, la influencia de la neurociencia en la educación matemática subraya la posibilidad, de que se siga investigando y aplicando activamente los hallazgos de las investigaciones en este aspecto, con el objetivo de que se mejore la educación matemática y, en última instancia, el logro del éxito académico y profesional de los estudiantes.

## REFERENCIAS

ANSARI, D. Effects of development and enculturation on number representation in the brain. **Nature reviews. Neuroscience**, v. 9, n. 4, p. 278–291, 2008.

ARENAS-PEÑALOZA, J. A.; RODRÍGUEZ-VÁSQUEZ, F. M. Enseñanza y aprendizaje del concepto fracción en la educación primaria: estado del arte. **Cultura Educación y Sociedad**, v. 12, n. 2, p. 49–64, 2021.

ARSALIDOU, M.; PAWLIW-LEVAC, M.; SADEGHI, M.; PASCUAL-LEONE, J. Brain areas associated with numbers and calculations in children: Meta-analyses of fMRI studies. **Developmental cognitive neuroscience**, v. 30, p. 239–250, 2018.

BAKAR, M.; TERMIMI, A. The impact of neuroscience literacy on sustainability of the students' mathematics learning environment. **Journal of sustainability science and management**, v. 17, n. 9, p. 148–161, 2022.

BALLESTRA MELANIA, M. J. Y. P. A. Matemáticas y cerebro. **Revista del hospital italiano de Buenos Aires**, p. 26(2), 79– 84., 2006.

BARALLOBRES, G. Diferentes interpretaciones de las dificultades de aprendizaje en matemática. **Educación Matemática**, v. 28, n. 01, p. 39–68, 2016.



- BÉJAR, M. Neuroeducación. **Padres y Maestros / Journal of Parents and Teachers**, n. 355, p. 49–53, 2014.
- BORROMEIO FERRI, R. Educación Matemática Interdisciplinaria en la escuela - ejemplos y experiencias. **Revista UCMAule**, n. 57, p. 25–37, 2019.
- CARBALLO MÁRQUEZ, A. Neuroeducación: de la neurociencia al aula. **Integración**, n. 70, p. 6, 2017.
- CHEIN, J. M.; SCHNEIDER, W. The brain's learning and control architecture. **Current directions in psychological science**, v. 21, n. 2, p. 78–84, 2012.
- CID, F. M. NEUROCIENCIA Y EDUCACIÓN. **Exemplum**, p. 3: 267-274, 2010.
- COHEN KADOSH, R.; COHEN KADOSH, K.; SCHUHMANN, T.; KAAS, A.; GOEBEL, R.; HENIK, A.; SACK, A. T. Virtual dyscalculia induced by parietal-lobe TMS impairs automatic magnitude processing. **Current biology: CB**, v. 17, n. 8, p. 689–693, 2007.
- COHEN KADOSH, R.; SOSKIC, S.; IUCULANO, T.; KANAI, R.; WALSH, V. Modulating neuronal activity produces specific and long-lasting changes in numerical competence. **Current biology: CB**, v. 20, n. 22, p. 2016–2020, 2010.
- COHEN KADOSH, R.; WALSH, V. Non-abstract numerical representations in the IPS: Further support, challenges, and clarifications. **The behavioral and brain sciences**, v. 32, n. 3–4, p. 356–373, 2009.
- COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K. **Research methods in education**. 8. ed. Londres, Inglaterra: Routledge, 2018.
- DE LA SERNA, J. M. **Aproximacion A Las Neuromatematicas: El Cerebro Matematico**. [S. l.]: Tektime, 2020.
- DEHAENE, S.; COHEN, L. Towards an anatomical and functional model of number processing. **Mathematical Cognition**, p. 1, 83–120., 1995.
- DEHAENE, S. The organization of brain activations in number comparison: event-related potentials and the additive-factors method. **Journal of cognitive neuroscience**, v. 8, n. 1, p. 47–68, invierno 1996.
- DEHAENE, S. Origins of mathematical intuitions: the case of arithmetic: The case of arithmetic. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1156, n. 1, p. 232–259, 2009.
- DEHAENE, S.; CHANGEUX, J. P. Development of elementary numerical abilities: a neuronal model. **Journal of cognitive neuroscience**, v. 5, n. 4, p. 390–407, otoño 1993.
- DEHAENE, S.; PIAZZA, M.; PINEL, P.; COHEN, L. Three parietal circuits for number processing. **Cognitive neuropsychology**, v. 20, n. 3, p. 487–506, 2003.
- DEHAENE, S. **El cerebro matemático: Cómo nacen, viven y a veces mueren los números en nuestra mente**. [s.l.] Siglo XXI Editores, 2016.
- DEHAENE, S. **How we learn: The new science of education and the brain**. Harlow, Inglaterra: Penguin Books, 2021.



DUBINSKY, J. M.; ROEHRIG, G.; VARMA, S. A place for neuroscience in teacher knowledge and education. **Mind, brain and education: the official journal of the International Mind, Brain, and Education Society**, v. 16, n. 4, p. 267–276, 2022.

FEIGENSON, L.; DEHAENE, S.; SPELKE, E. Core systems of number. **Trends in cognitive sciences**, v. 8, n. 7, p. 307–314, 2004.

FERNÁNDEZ BRAVO, J. A. Neurociencias y Enseñanza de la Matemática. Prólogo de algunos retos educativos. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 51, n. 3, p. 1–12, 2010.

FISCHER, K. W.; GOSWAMI, U.; GEAKE, J.; THE TASK FORCE ON THE FUTURE OF EDUCATIONAL NEUROSCIENCE. The future of educational neuroscience. **Mind, brain and education: the official journal of the International Mind, Brain, and Education Society**, v. 4, n. 2, p. 68–80, 2010.

GADDES, W. H. Un enfoque neuropsicológico de los trastornos del aprendizaje. **Revista de discapacidades del aprendizaje**, v. 1, p. 523–534, 1968.

GALLEGO, I. B. La neurociencia en el ámbito educativo. **Revista Internacional de Apoyo a la Inclusión, Logopedia, Sociedad y Multiculturalidad**, v. 3, p. 118–135, 2017.

GARCÍA RETANA, J. Á. Modelo Educativo basado en competencias: Importancia y necesidad / Educational model based in competency: importance and necessity. **Actualidades investigativas en educación**, v. 11, n. 3, p. 11(3), 1–24, 2011.

GARDNER, H. **Inteligencias Múltiples**. [s.l.] Ediciones Paidós Iberica, 2005.

GASTIABUR BARBA, G. C. **La Neurociencia en la enseñanza aprendizaje de la Matemática en estudiantes de la Básica Superior del PCEI Pichincha**. CPL Quito N.o 3, en la provincia de Pichincha cantón Chillogallo, barrio Las Cuadras, período 2021-2022. Ecuador, Latacunga: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, 2022.

GEBUIS, T.; COHEN KADOSH, R.; HAAN, E. DE; HENIK, A. Automatic quantity processing in 5-year olds and adults. **Cognitive processing**, v. 10, n. 2, p. 133–142, 2009.

GELMAN, R.; BUTTERWORTH, B. Number and language: how are they related? **Trends in cognitive sciences**, v. 9, n. 1, p. 6–10, 2005.

GIRALDO ROJAS, J. D.; ZABALA JARAMILLO, L. A.; PARRAGUEZ GONZÁLEZ, M. C. Neuromatemática un estudio interdisciplinario: el caso de las emociones expresadas en la construcción del paralelepípedo. **Scientia Et Technica**, v. 26, n. 3, p. 378–390, 2021.

GIRELLI, L.; LUCANGELI, D.; BUTTERWORTH, B. The development of automaticity in accessing number magnitude. **Journal of experimental child psychology**, v. 76, n. 2, p. 104–122, 2000.

GÓMEZ-LUNA, E.; NAVAS, D. F.; APONTE-MAYOR, G.; BETANCOURT-BUITRAGO, L. A. Literature review methodology for scientific and information management, through its structuring and systematization. **Dyna**, v. 81, n. 184, p. 158, 2014.

GONZÁLEZ FONTAO, M. DEL P. DE LAS DIFERENCIAS INDIVIDUALES A LAS DIFICULTADES DE APRENDIZAJE. **Revista**



galego-portuguesa de psicología e educación, p. 129–136, 1999.

GONZALEZ, J. A. O. **Neurociencias, neuroeducación y aprendizaje Bloque 10 - Ecosistema digital de aprendizaje Bloque 10**, 18 mar. 2022. Disponible en: <<https://bloque10.unimagdalena.edu.co/neurociencias-neuroeducacion-y-aprendizaje/>>

GUIMET, H. M. **Cómo la neuroeducación interfiere en el aprendizaje**. 2020. Disponible en: <<https://blogs.uoc.edu/cienciasdelasalud/es/neuroeducacion-como-ayuda-neurociencia-en-aprendizaje-educacion/>>.

HACKETT, G. Role of mathematics self-efficacy in the choice of math-related majors of college women and men: A path analysis. **Journal of counseling psychology**, v. 32, n. 1, p. 47–56, 1985.

HENIK, A.; TZELGOV, J. Is three greater than five: the relation between physical and semantic size in comparison tasks. **Memory & cognition**, v. 10, n. 4, p. 389–395, 1982.

HUNT, T. E.; MALONEY, E. A. Appraisals of previous math experiences play an important role in math anxiety. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1515, n. 1, p. 143–154, 2022.

LEE, K.; NG, S. F. Neuroscience and the teaching of mathematics. En: **Educational Neuroscience**. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2011. p. 80–85.

LENT, R. W.; LOPEZ, F. G.; BIESCHKE, K. J. Predicting mathematics-related choice and success behaviors: Test of an expanded social cognitive model. **Journal of vocational behavior**, v. 42, n. 2, p. 223–236, 1993.

LONGO, E. M. **Neurociencia y Neuroeducación: ¿Son lo mismo?** Disponible en: <<https://neuro-class.com/neurociencia-y-neuroeducacion-son-lo-mismo/>>.

MARTÍNEZ GONZÁLEZ, A. E.; PIQUERAS RODRÍGUEZ, J. A.; DELGADO, B.; GARCÍA-FERNÁNDEZ, J. M. Neuroeducación: aportaciones de la neurociencia a las competencias curriculares. **PUBLICACIONES**, v. 48, n. 2, p. 23–34, 2018.

MÉNDEZ GONZÁLEZ, A. **Emociones a través del juego**. México: Benemerita y centenaria. Escuela normal del estado de san Luis potosí, 2022.

MENON, V. Memory and cognitive control circuits in mathematical cognition and learning. **Progress in brain research**, v. 227, p. 159–186, 2016.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL (MINISTRY OF NATIONAL EDUCATION) [MEN]. (2006). Estándares básicos de competencias en lenguaje, Matemáticas, ciencia y ciudadanas. Bogotá, Colombia: MEN.

MOGOLLÓN, E. Aportes de las neurociencias para el desarrollo de estrategias de enseñanza y aprendizaje de las Matemáticas. **Revista Electrónica Educare**, v. 14, n. 2, p. 113–124, 2010.

NCTM, Æ. NATIONAL COUNCIL OF TEACHERS OF MATHEMATICS. (2000). Principles and standards for school mathematics. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

NIEDER, A. AND E.K. MILLER (2004), “A parieto-frontal network for visual numerical information in the monkey”, **Proceedings of the National Academy of Science**, Vol. 101, USA, pp. 7457-7462.





- NIEDER, A.; FREEDMAN, D. J.; MILLER, E. K. Representation of the quantity of visual items in the primate prefrontal cortex. **Science** (New York, N.Y.), v. 297, n. 5587, p. 1708–1711, 2002.
- ORRANTIA, J.; SAN ROMUALDO, S.; SÁNCHEZ, R.; MATILLA CORDERO, L.; MUÑEZ, D. y VERSCHAFFEL, L. (2018). Procesamiento de magnitudes numéricas y ejecución matemática. **Revista de educación**, n. 381, p. 133–154, 2018.
- RADFORD, L.; ANDRÉ, M. Cerebro, cognición y matemáticas. **Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa**, v. 12, n. 2, p. 215–250, 2009.
- RIVADENEIRA D: VIVANCO G. La neuropedagogía lúdica como estrategia para reforzar la capacidad de cálculo numérico en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la matemática. **Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas**, v. 15, n. 6, p. 220–230, 2022.
- RIVERA-RIVERA, E. El neuroaprendizaje en la enseñanza de las matemáticas: la nueva propuesta educativa. **Entorno**, n. 67, p. 157–168, 2019.
- RODRÍGUEZ, G. R. La construcción de ambientes de aprendizajes desde los principios de la neurociencia cognitiva. **Revista de educación inclusiva**, v. 9, n. 2, p. 245–263, 2016.
- RODRÍGUEZ-NIETO, C. A.; FONT, V.; RODRÍGUEZ-VÁSQUEZ, F. M. Literature review on networking of theories developed in mathematics education context. **Eurasia journal of mathematics science and technology education**, v. 18, n. 11, p. em2179, 2022.
- ROITMAN, J. D.; BRANNON, E. M.; PLATT, M. L. Monotonic coding of numerosity in macaque lateral intraparietal area. **PLoS biology**, v. 5, n. 8, p. e208, 2007.
- ROUSSELLE, L.; NOËL, M.-P. Basic numerical skills in children with mathematics learning disabilities: a comparison of symbolic vs non-symbolic number magnitude processing. **Cognition**, v. 102, n. 3, p. 361–395, 2007.
- RUBINSTEN, O. et al. The development of internal representations of magnitude and their association with Arabic numerals. **Journal of experimental child psychology**, v. 81, n. 1, p. 74–92, 2002.
- SANTENS, S. et al. Number processing pathways in human parietal cortex. **Cerebral cortex** (New York, N.Y.: 1991), v. 20, n. 1, p. 77–88, 2010.
- SAWAMURA, H.; SHIMA, K.; TANJI, J. Numerical representation for action in the parietal cortex of the monkey. **Nature**, v. 415, n. 6874, p. 918–922, 2002.
- SHONKOFF, J. P. Impactos innovadores: lo que nos dice la ciencia sobre el apoyo al desarrollo de la primera infancia. **YC Niños Pequeños**, v. 72, n. 2, p. 8–16, 2017.
- TOKUHAMA-ESPINOSA Y NOURI, A. Evaluating what mind, brain, and education has taught us about teaching and learning. **Temas Contemporáneos en Educación**, v. 40, n. 1, p. 63–71, 2020.
- THOMAS, M. S. C.; ANSARI, D.; KNOWLAND, V. C. P. Annual Research Review: Educational neuroscience: progress and prospects. **Journal of child psychology and psychiatry, and allied disciplines**, v. 60, n. 4, p. 477–492, 2019.
- VARGAS, V.R. Matemáticas y neurociencias: una aproximación al desarrollo del pensamiento matemático desde una perspectiva biológica. **UNIÓN - REVISTA**



**IBEROAMERICANA DE EDUCACIÓN MATEMÁTICA**, v. 9, n. 36, p. 37–46, 2013.

VINCES VINCES, F., ZABALA-JARAMILLO, L., GIRALDO-ROJAS, J. D., & PARRAGUEZ, M. **Neuromatemática: Emociones asociadas a expresiones faciales en el aprendizaje del volumen del paralelepípedo**. México: Editorial Kali., 2021.

VINCES-VINCES, F. et al. Neuromatemática: una manera emergente de acceder y analizar las emociones básicas en el proceso de enseñanza aprendizaje de la matemática. En: ROSAS-MENDOZA, A. (Ed.). **Avances en Matemática Educativa. El alumno desde la teoría**. [s.l.] Lectorum, 2022. p. 77–93.

WALDEGG, G. (1998). La educación matemática ¿una disciplina científica? **Colección Pedagógica Universitaria**, 29, 13-44.

