

POTENCIANDO EL APRENDIZAJE MATEMÁTICO: ESTRATEGIAS BASADAS EN NEUROEDUCACIÓN PARA OPTIMIZAR EL DESARROLLO COGNITIVO

Diana Carolina Velandia Suescun¹
dianacvelandias@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1008-0130>
Doctorando en Educación
UPEL - IPRGR

Edith Solanye López Daza²
solanyelod@hotmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-8885-6889>
Doctorando en Educación
UPEL - IPRGR

Recibido: 15/11/2024

Aprobado: 05/02/2025

RESUMEN

Históricamente, el ser humano se ha propuesto comprender la naturaleza del conocimiento y como este se manifiesta en la mente humana; no obstante, durante la mayoría este recorrido de exploración filosófica y posteriormente psicológica, las evidencias obtenidas no habían logrado el grado de precisión y confiabilidad que tienen los procedimientos de medición de la actividad cerebral de los seres humanos durante el siglo XXI; estas posibilidades dieron origen al campo de la neurociencia, con la que se ha podido finalmente empezar a comprender la enorme complejidad de la estructura del cerebro y los procesos que tienen lugar en el mismo. Los hallazgos de esta disciplina han llevado a avances en campos como el de la medicina, permitiendo el estudio de enfermedades neurodegenerativas e incluso en la publicidad y el desarrollo de productos. Las empresas toman ventaja de los sesgos cognitivos y los impulsos naturales del ser humano para reforzar conductas e incentivar el consumo; no obstante, el campo en el que mayores aportes se han obtenido es el de la educación, a tal punto que se ha gestado una nueva interdisciplina conocida como la neuroeducación, que parte de postulados sobre pedagogía, psicología y neurociencia, para describir la manera en

¹ Formación docente en pregrado y postgrado. Desarrollo laboral en el área de la docencia. Doctorado en educación.

² Formación docente en pregrado y postgrado. Desarrollo laboral en el área de la docencia. Doctorado en educación.

la que el conocimiento puede gestarse en el cerebro y cómo estimular su manifestación. Frente a este panorama es que se considera pertinente la exploración de las herramientas pedagógicas, estrategias didácticas y técnicas basadas en los hallazgos neuro educativos, con los que sea posible fomentar el logro de aprendizajes significativos en los estudiantes hace necesario comprender los factores y principios que impactan los procesos de enseñanza y aprendizaje en el área de matemáticas y que hacen tan importante la formación de los educadores en temas innovadores como la neuroeducación.

Palabras clave: aprendizaje, cerebro, enseñanza, matemáticas, neuroeducación, neurociencias.

PROMOTING MATHEMATICAL LEARNING: STRATEGIES BASED ON NEUROEDUCATION TO OPTIMIZE COGNITIVE DEVELOPMENT

ABSTRACT

Historically, human beings have set out to understand the nature of knowledge and how it manifests itself in the human mind; However, during most of this journey of philosophical and later psychological exploration, the evidence obtained had not achieved the degree of precision and reliability that the procedures for measuring the brain activity of human beings have during the 21st century; These possibilities gave rise to the field of neuroscience, with which it has finally been possible to begin to understand the enormous complexity of the structure of the brain and the processes that take place in it. The findings of this discipline have led to advances in fields such as medicine, allowing the study of neurodegenerative diseases and even in advertising and product development. Companies take advantage of cognitive biases and natural human impulses to reinforce behaviors and encourage consumption; However, the field in which the greatest contributions have been obtained is that of education, to the point that a new interdisciplinary known as neuroeducation has been created, which is based on postulates about pedagogy, psychology and neuroscience, to describe the way in which that knowledge can develop in the brain and how to stimulate its manifestation. Faced with this panorama, it is considered pertinent to explore pedagogical tools, teaching strategies and techniques based on neuro-educational findings, with which it is possible to promote the achievement of significant learning in students. It is necessary to understand the factors and principles that impact the teaching and learning processes in the area of

mathematics and that make the training of educators in innovative topics such as neuro-education so important.

Keywords: learning, brain, teaching, mathematics, neuro-education, neurosciences.

1. INTRODUCCIÓN

La neuroeducación es un modelo que cuenta con múltiples vertientes, desde las más rigurosas hasta aquellas que emplean su reputación para progresar en la industria del entrenamiento cerebral con los métodos inconsistentes y especulativos; lo cual se debe a la existencia de una enorme brecha entre los educadores y los neurocientíficos, con lo que es común que se hagan sobre simplificaciones de los conceptos para que sean comprensibles para el público en general. Al respecto, Pardo (2015) menciona que entre los educadores es común la adopción de propuestas pedagógicas que refuerzan sus ideas preexistentes, sin que exista una verdadera preocupación por verificar su validez, por lo que tras el surgimiento de la tendencia de la neuroeducación, promocionada como una alternativa altamente efectiva debido a que se basa en la comprensión de la manera como el cerebro responde a determinados estímulos; el entusiasmo del público llevó a la implementación de técnicas y métodos derivados de una interpretación sesgada de las conclusiones ofrecidas por esta teoría. Este fenómeno llegó a ser tan popular que dio origen al término “neuromitos”.

Ahora bien, a pesar de los esfuerzos realizados por la comunidad científica para desacreditar determinados neuromitos, comparándolos rigurosamente con los

postulados de la teoría real, la aceptación filosófica, sociológica y pedagógica que se les otorga solo parece crecer con el paso del tiempo (Bowers, 2016; Wolfe, 2017). La neurociencia es una disciplina que se nutre de múltiples campos y, por ende, sus conclusiones por sí solas no deberían ser empleadas como argumento para impulsar o detener la práctica de una metodología pedagógica concreta, contrario a lo que el público adepto a los neuromitos pueda pensar.

Domínguez (2019) subraya que la neuroeducación trasciende la comprensión de los mecanismos biológicos que explican la cognición y el aprendizaje, para abarcar la manera en la que el individuo responde a escenarios auténticos, para estructurar estrategias que manipulen no solamente el contenido y la manera en la que este es presentado, sino también las interacciones y el medio en el que las mismas se dan. Respecto al pensamiento matemático, históricamente se consideraba que el mismo no se desarrollaba en edades tempranas; no obstante, diversos estudios recientes han demostrado que, de hecho, los niños demuestran desde el inicio de sus vidas múltiples aptitudes para las matemáticas y que, de ser estimuladas adecuadamente, pueden mejorar su experiencia durante la educación formal.

Durante el siglo XXI, los procesos educativos han tenido que ser constantemente replanteados para adaptarse a las constantes innovaciones y progresos en el conocimiento que ofrecen oportunidades para la optimización de la experiencia de aprendizaje en todas sus dimensiones. Por esta razón, se han tenido que realizar ajustes a los programas de formación docente tanto a nivel de carrera como de actualización

para que así puedan adquirir las competencias tanto digitales como didácticas e interdisciplinarias necesarias para asumir la implementación de modelos educativos innovadores mediados por las TIC, como es el caso de la neuroeducación a la vez que se responde a las necesidades de los estudiantes y se ofrece un servicio educativo de calidad, dejando atrás modelos obsoletos como la clase magistral con enfoque exclusivamente memorístico (Siles, 2020).

Es gracias a estos esfuerzos que los docentes y pedagogos empezaron a trabajar con modelos interdisciplinarios que se enriquecían tanto de las ciencias cognitivas como de la neurociencia, dando origen a la neuroeducación (Meza y Moya, 2020). De acuerdo con estudios recientes, la implementación de modelos basados en la neuroeducación ha demostrado resultados positivos en términos de aprendizaje y motivación, dado que han permitido a los docentes hacer que las lecciones sean amenas e interesantes. En todo caso, explica Siles (2020), la neuroeducación se enfoca en la estimulación del individuo en todas sus dimensiones, incluyendo atención, curiosidad, motivación, creatividad y gestión emocional. Esto se logra a través de ejercicios, actividades, tareas o movimientos cuidadosamente planificados para obtener la mejor respuesta posible por parte del individuo a un nivel cognitivo, de modo que es posible fomentar experiencias significativas que llevan a aprendizajes perdurables.

Esto permite concluir que el estudio del cerebro y la forma en que aprende son temas relevantes que deben ser comprendidos en profundidad para aprovechar el conocimiento que se deriva de la neurociencia. Un conocimiento superficial solamente

lleva al surgimiento de nuevos neuromitos o a la desestimación de la neuroeducación como una alternativa, dada su complejidad (Janati et al., 2020). En este sentido, es preciso tener en cuenta que la práctica de la enseñanza debe fundamentarse en un profundo conocimiento de la razón de ser y el propósito del conocimiento, para que los educadores estén en la capacidad de orientar a sus estudiantes en el proceso de formación, para alcanzar los objetivos verdaderos de su formación para la vida, en lugar de convertir los resultados académicos en el único fin.

2. DESARROLLO DEL TEMA

2.1 Proposición

La Neuroeducación

Según Campos (2010), la neurociencia ha venido realizando aportes a la educación desde hace más de veinte años, debido a que no existe otro campo con mayor enfoque en la estimulación del cerebro que la pedagogía, la cual se vale de los conocimientos interdisciplinarios para cumplir con sus objetivos. Así como lo hizo durante gran parte del siglo XX gracias a los postulados propuestos por investigadores de la psicología educativa, la evolutiva y la cognitivo-conductual como Jean Piaget, Lev Vygotsky, David Ausubel y María Montessori, cuyos aportes llevaron a reinterpretar la educación para convertirla en una práctica multidimensional que tiene como objetivo fundamental el desarrollo integral de los estudiantes. Por tanto, es gracias a esta

disposición pedagógica a innovar que ha sido posible dar lugar a espacios de enseñanza que se beneficien de los conocimientos obtenidos a través de la neurociencia.

Por su parte, Dewey (1995) entiende la educación como un proceso de reorganización y reconstrucción continua de las nociones que se tienen sobre la realidad para así dar sentido a las experiencias cada vez más complejas que se tienen. Esta interpretación lleva a asumir que toda experiencia vital actúa como un agente transformador derivado del movimiento experiencial, el cual cuenta con dos direcciones fundamentales originadas en la doble raíz etimológica del término “educación”. Iniciando con “educare”, que hace alusión a acciones como la alimentación, la crianza, la nutrición o la orientación; es decir, adopta la postura de afuera hacia adentro del aprendiz. Mientras que “educere” se refiere a acciones como sacar, extraer, alumbrar o extraer, por lo que en este caso se trata de una postura de adentro hacia afuera, refiriéndose a la manifestación de los talentos del aprendiz y el aprovechamiento de sus capacidades. No obstante, el proceso educativo tiende a priorizar la primera postura, impidiendo que el estudiante asuma un rol activo en su proceso educativo, lo que provoca problemas de desmotivación, frustración, fracaso académico o ausentismo, entre otros, porque los estudiantes se sienten ajenos al proceso.

Afortunadamente, en los últimos años, el paradigma educativo ha cambiado las dinámicas tanto de enseñanza como de evaluación, abandonando el modelo algorítmico y orientado a los contenidos, para avanzar hacia modelos heurísticos y enfocados en el desarrollo de competencias. Esta transformación obedece a la necesidad de adaptar la

educación a las necesidades de una sociedad en la que el pensamiento homogéneo y el racionalismo instrumental en beneficio del progreso técnico y científico, con un enfoque neoliberal, ya no son suficientes para garantizar la competitividad y favorecer el constante progreso en la búsqueda de oportunidades para la innovación, que caracterizan a la economía del siglo XXI (Formosinho et al., 2013).

De tal manera, ha sido necesario replantear el concepto de educación como un proceso continuo y característico de los seres humanos, por medio del cual tienen acceso al patrimonio inmaterial de la humanidad, compuesto por el conocimiento científico, técnico, cultural, artístico, entre otros. La educación generalizada es un fenómeno relativamente reciente, que se originó en Prusia durante el siglo XVIII, gracias a la necesidad que tenía el Estado de adiestrar a la ciudadanía para ser movilizadada con facilidad en caso de guerra. Antes de ello, esta actividad era un privilegio exclusivo de los sectores privilegiados de la sociedad y del clero. Sin embargo, la creciente sofisticación de la vida humana llevó a la necesidad de preparar a los individuos desde la infancia para que pudiesen participar de manera productiva en las sociedades a las que pertenecían. Este concepto se ha modernizado, abandonando el enfoque belicista centrado en los intereses del Estado, para asumir una perspectiva humanista, en la que la prioridad es preparar a los individuos para que puedan hacer uso de sus habilidades en beneficio de sus propios intereses de manera integral y saludable.

En consonancia, Freire (2004) señala que la educación habilita a los seres humanos para superar su conciencia natural, heredada de las criaturas instintivas de las

que descende el ser humano moderno, para desarrollar un pensamiento crítico, nutrido por todos aquellos esfuerzos que a lo largo de la historia científicos, ingenieros, filósofos, gobernantes, artistas, artesanos, autores y muchos otros precursores han adelantado para llevar a la civilización humana al auge del que goza hoy en día; con sociedades que tienen como objetivo la protección de la justicia, la moral y la libertad.

Es gracias a los avances que la ciencia y la tecnología han llevado a este momento de la historia en el que se cuenta con los medios para estudiar la estructura compleja de la que se tiene registro en la historia no solo de la humanidad, sino del universo conocido: el cerebro humano. Esta posibilidad da origen al campo de la neurociencia, que se encarga de estudiar la estructura y el funcionamiento del mencionado órgano a un nivel sumamente detallado y preciso, pudiendo reconocer sus componentes, los roles de estos, sus relaciones y los procesos biológicos en los que participan; gracias a lo cual es posible predecir las respuestas neuronales que se pueden llegar a dar frente a determinados estímulos, tal como lo indica Béjar (2020).

Ahora bien, uno de los representantes más importantes de la neuroeducación ahora mismo, es el neurólogo español Mora (2021), quien argumenta que emprender la tarea de la enseñanza sin comprender el funcionamiento del cerebro ha sido un trabajo desafiante históricamente que se compara al diseño de un guante sin jamás haber visto una mano; aunque esto no significa que deban desestimar los avances alcanzados en otras disciplinas como la psicología, las ciencias cognitivas y la pedagogía, cuyos hallazgos han sustentado los avances pedagógicos durante décadas; por lo que la

neuroeducación debe tomarse como un paso hacia el mejoramiento de la calidad de la educación con el planteamiento de prácticas y dinámicas pedagógicas a las que los educandos respondan mejor, sin que estas reemplacen las metodologías anteriores, sino que se complementen.

Neuroeducación como clave para el desarrollo del pensamiento matemático

La neuroeducación es una disciplina que surge de los aportes de la pedagogía, la psicología y la neurociencia, por lo que su definición depende del entendimiento de estos campos (Tacca, 2019). En primera instancia, para Ramos y Rhea (2017), la pedagogía ocupa un lugar dentro de las ciencias sociales y humanas, dado que se enfoca en la investigación de las metodologías y técnicas que permiten alcanzar un aprendizaje efectivo dentro de un contexto sociocultural; mientras que Díaz (2015) define la psicología como una disciplina encargada del estudio de la conducta humana y el desarrollo cerebral; siendo por esta razón una ciencia bastante amplia con subcampos especializados como el de la psicología básica que aborda la forma en la que los seres humanos piensan, sienten y se comunican.

En cuanto a la neurociencia, es posible abordar los múltiples problemas complejos que afronta la salud cerebral y su desarrollo, como puede ser la depresión causada por el bajo índice de metabolización de glucosa en el cerebro, el surgimiento de enfermedades crónicas y degenerativas como el Alzheimer y, por supuesto, las mejores

rutas para estimular el cerebro durante su maduración, para obtener los mejores resultados posibles en el desarrollo humano.

Estrategias de mediación desde la neuroeducación

Las técnicas de aprendizaje son acciones u operaciones mentales que los estudiantes pueden asumir con el propósito de aprovechar su experiencia de aprendizaje durante las lecciones, mejorando su capacidad para adquirir, almacenar y utilizar la información que les es suministrada (Álvarez, 2017). Al respecto, Bullón (2017) señala que estas técnicas facilitan la adquisición de nuevos conocimientos, siempre y cuando estos recursos cumplan con dos condiciones fundamentales: la manejabilidad y la fundamentación intencionada; lo que significa que las acciones que se tomen deben ser consecuentes y contar con un objetivo claro para así promover un pensamiento crítico y reflexivo entre los estudiantes, con el que puedan elegir la ruta que van a tomar para cumplir sus metas académicas.

Tipos de estrategias de aprendizaje

El progreso científico y tecnológico característico del siglo XXI hace necesario que la educación aumente su calidad de manera constante para mantener la competitividad de la población e impulsar el desarrollo de las sociedades. Con esto en mente, se han propuesto estrategias como:

Estrategias cognitivas

En esta estrategia se proponen actividades que promueven el aprendizaje, la codificación, la comprensión y la memoria, para dar cumplimiento a objetivos específicos de aprendizaje. Generalmente, estas actividades están diseñadas para estimular los conocimientos previos del estudiante, para que sea posible dinamizar aprendizajes significativos en los mismos (Rivera, 2013). Algunos ejemplos de estrategias cognitivas son las que se describen brevemente a continuación:

- **La repetición:** Consiste en la articulación, denominación o repetición de los conceptos introducidos en cada momento del proceso de aprendizaje.
- **La elaboración:** Se apoya en la distribución de material de referencia en el que se profundicen temas que ya hayan sido tratados en las sesiones de clase.
- **Organización:** Resulta de utilidad para tratar aquellos aspectos informativos seleccionados de manera vinculada y significativa.

Estrategias metacognitivas

La metacognición se refiere a la capacidad que tienen los individuos para autorregularse durante su proceso de aprendizaje; se trata de una competencia relevante en el contexto actual en el que se espera que los individuos continúen educándose de manera independiente a lo largo de sus vidas, actualizándose para adaptarse a los desafíos que supone la vida en la civilización del siglo XXI (Puigbo, 2020).

En este caso, se recurre a numerosos posibles recursos para estimular la retención de la información en el estudiante; estas estrategias son útiles en el ámbito de las matemáticas, porque facilitan la aproximación a contenido nuevo, especialmente cuando este cuenta con un alto grado de abstracción o maneja un lenguaje complejo (Meza, 2014). Para implementar este tipo de estrategias, es preciso llevar un adecuado control del tiempo, además de adaptar los escenarios educativos y disponer de mecanismos para responder a las diferentes posibles actuaciones de los estudiantes, evitando el posible surgimiento de obstáculos.

Esta metodología parte del conocimiento que se tiene sobre la manera en que los niños pueden responder a los estímulos de su entorno, para diseñar material didáctico, estrategias y técnicas que aprovechen estos patrones de respuesta para fomentar el aprendizaje dentro de Instituciones educativas emocionalmente positivas, en los que los educadores puedan controlar variables de las que depende la calidad en la educación (Sibaja, 2018). Un buen ejemplo de estrategias que se derivan de la neuroeducación es el M-Learning, que se vale de recursos móviles como los teléfonos celulares y las tabletas para generar espacios de aprendizaje interesantes en los que los estudiantes se vean motivados a participar de manera espontánea, fomentando el hábito de estudio autónomo. Asimismo, se encuentran las estrategias lúdicas que han demostrado un alto grado de eficiencia, las cuales permiten a los estudiantes abordar su aprendizaje de una manera activa, contextualizada y social; gracias a lo cual logran afianzar con mayor facilidad sus conocimientos.

Así mismo, el creciente conocimiento sobre el cerebro humano ha llevado a descubrir que no existe una sola forma de aprender, razón por la cual han surgido múltiples modelos de estilos de aprendizaje que se proponen explicar el tipo de estímulos a los que reacciona una persona dentro de un espectro de tendencias de percepción y procesamiento de la información. Gracias a esto, ha sido posible aumentar la eficiencia de la información. Si bien los estilos no son sino una referencia aproximada a la realidad, habilitan a las instituciones educativas y los docentes para reconocer la importancia de hacer uso de diferentes metodologías integradas para fomentar un aprendizaje efectivo; con lo que es posible diversificar los recursos didácticos disponibles y las estrategias para el mejoramiento de la experiencia de aprendizaje.

Al respecto, Sousa (2017) explica que, a través de la relación entre los contenidos con situaciones representativas de la vida real con los que los estudiantes se puedan relacionar, es posible estimular la creación de conexiones neuronales y reforzar aquellas que ya existen, con lo que se habilita a estos para poner en práctica estos conocimientos de manera posterior en sus vidas. En este sentido, las estrategias derivadas de los hallazgos aportados por la neuroeducación tienen el potencial de mejorar los resultados de aprendizaje en el área de las matemáticas e incluso combatir fenómenos asociados con la misma, como la ansiedad matemática, que se manifiesta en la forma de una respuesta negativa ante escenarios en los que se requiera hacer uso de los conocimientos y habilidades matemáticas.

2.2 Para discutir

Bases pedagógicas para la instrucción en matemáticas

Según Codina (2014), el cerebro humano tiene módulos de entrada de datos especializados para diferentes actividades, los cuales activan procedimientos de atención exclusiva y puntos únicos de entrada para la información. De acuerdo con Gallo (2019), las lecciones de matemáticas suelen fijar como metas los siguientes aspectos o destrezas:

- Conocer hechos, conceptos básicos y procedimientos matemáticos.
- Capacidad para aplicar la sistematización numérica y resolver fórmulas.
- Activación de los conocimientos previos en la solución de problemas planteados.
- Uso de la creatividad para el hallazgo de soluciones poco evidentes a problemas desafiantes.
- Involucramiento en prácticas en las que se explore la curiosidad, la confianza y el interés vocacional.

Con esto en mente se debe recurrir al discernimiento matemático, dado que este es un instrumento básico de la percepción y el manejo de la realidad. De acuerdo con González y Pons (2011), el desarrollo de este se logra a través de la preparación de los estudiantes para que comprendan el lenguaje que se emplea, la forma en la que se reflexiona; así como las estrategias y los métodos con los que se puede mejorar la

experiencia de enseñanza – aprendizaje; para que así los aprendices logren desarrollar habilidades fundamentales tanto de nivel disciplinar como interdisciplinar.

Esto tiene relevancia dado que el abordaje de las matemáticas no suele ser sencillo para ninguno de los actores en el aula, ya que los docentes se encuentran constantemente procurando mantener el balance entre el cumplimiento de los objetivos curriculares y la motivación de los estudiantes, mientras que estos últimos se esfuerzan por comprender los conceptos a pesar del alto grado de formalidad con el que son presentados, además de combatir la frustración y el tedio que puede llegar a producir una lección cuando la misma no reconoce las necesidades de los aprendices de manera holística (Domínguez, 2019).

Diferencias Individuales en el Aprendizaje y su Relación con la Neuroeducación y el Fortalecimiento Matemático

Ahora bien, el estudio del cerebro y la conducta humanas ha llevado a la conclusión de que cada individuo experimenta una forma específica de aprendizaje dentro de un espectro de estilos y ritmos, lo cual implica que estos pueden destacar en aspectos concretos, así como afrontar dificultades en otros, donde la mayoría bien podría alcanzar un rendimiento adecuado. Siguiendo a Sternberg (1999), se reconoce que las diferencias individuales pueden deberse a factores como capacidad cognitiva, motivación y estrategias de aprendizaje que se ponen en marcha. De modo que, para

diseñar estrategias pedagógicas efectivas, es preciso partir de estos elementos, lo cual es posible gracias a la neuroeducación, con la que se puede estudiar la manera en la que diferentes cerebros procesan la información y hallar patrones que permitan adaptar la práctica educativa a una enseñanza personalizada (Blakemore y Frith, 2005).

Teniendo esto en cuenta, es recomendable hacer uso de recursos de apoyo adaptativos para ofrecer apoyo y orientación a los estudiantes durante su proceso de aprendizaje, haciendo ajustes individuales para facilitar el aprendizaje y estimular el desarrollo de las competencias matemáticas fundamentales a la vez que se reconocen las dificultades que los estudiantes puedan experimentar a nivel individual y superarlas (Wood et al., 1976). En este sentido, Vygotsky (1978) señala que el material de apoyo y el acompañamiento son recursos habilitantes que permiten a los aprendices alcanzar logros superiores a los que podrían demostrar de manera independiente; esto se describe en su postulado sobre la Zona de Desarrollo Próximo, propuesta dentro de su Teoría Sociocultural del Aprendizaje.

Ahora bien, con respecto a los ritmos de aprendizaje, el estudio de este fenómeno ha llevado a la identificación de tres grupos que son el rápido, el moderado y el lento; los cuales, tal como su nombre lo indica, describen una velocidad con la que un sujeto puede procesar y acomodar nuevos aprendizajes.

En este sentido, los ritmos de aprendizaje son un excelente ejemplo de la diversidad cognitiva y contextual de los seres humanos, ya que dependen tanto de las habilidades innatas como de los hábitos y la crianza de cada individuo, entre otras

posibles circunstancias que afecten su conducta (Goswami, 2016). Con esto es posible apreciar los beneficios que ofrece la neuroeducación, al permitir reconocer aspectos fundamentales de la cognición humana que llevaron a transformar el paradigma de educación de uno enfocado en la integración, donde los estudiantes debían adaptarse al currículo, a uno de inclusión, en donde es el currículo el que se adapta a los estudiantes.

Gracias a esto es posible explicar por qué algunos estudiantes logran comprender y dominar conceptos abstractos de manera sencilla y rápida, mientras que para otros la consolidación de estos conocimientos requiere de un periodo de tiempo más extenso, en la forma de actividades de repetición y ejercicios de contextualización. En este sentido, las matemáticas suelen ser desafiantes para la mayoría de los estudiantes, dado que involucran elementos como la memoria de trabajo y la capacidad de atención, que son fundamentales para la solución de problemas y que dependen significativamente del ritmo de aprendizaje de los individuos.

En este sentido, para mejorar los resultados de aprendizaje en las matemáticas, es recomendable primero diseñar escenarios amenos donde los estudiantes se sientan seguros y en confianza para que así puedan reducir su ansiedad y experimentar una motivación intrínseca que los pueda llevar al mejoramiento de su desempeño. Asimismo, se puede poner en marcha una estrategia de diferenciación de la instrucción, para ajustar la enseñanza a las necesidades individuales de los estudiantes.

Teoría de las inteligencias múltiples

A todo lo anterior, se le suma la propuesta de Howard Gardner sobre las inteligencias múltiples, formulada en 1983, fue un paso importante en la ampliación de la concepción que en ese entonces se tenía sobre la inteligencia, dado que identificó diferentes tipos de habilidades cognitivas que trascienden las lingüísticas y las lógico-matemáticas (Gardner, 1983). En este orden de ideas, la teoría de las inteligencias múltiples se considera relevante incluso hoy en día, porque aborda la diversidad cognitiva de los seres humanos, antes de que pudiese comprobarse experimentalmente a través de las neurociencias y además con un adecuado grado de precisión y confiabilidad.

Esta teoría permite comprender la manera en la que los individuos pueden desarrollar y hacer uso de sus habilidades matemáticas; teniendo en cuenta que algunos individuos cuentan con una fuerte tendencia hacia la inteligencia lógico – matemática, con la que logran comprender conceptos matemáticos y lógicos con mayor facilidad; esta es la forma de inteligencia más conveniente para el aprendizaje de las matemáticas dado que favorece el desarrollo del pensamiento abstracto y la habilidad de resolución de problemas; aunque esto no significa que las personas nazcan con un potencial específico e inmutable; por el contrario, la teoría propone que los individuos cuentan con una predisposición a ciertos estímulos, pero que pueden desarrollar diferentes tipos de inteligencia a través de sus experiencias, a pesar de que no fuesen su fuerte en un inicio. En este sentido, para estimular la inteligencia lógico-matemática, se recomienda ofrecer

a los aprendices oportunidades para explorar y aplicar los conceptos matemáticos en diferentes contextos significativos (Gardner, 1983).

Otra forma de inteligencia es la espacial, que tiene gran utilidad dentro de las matemáticas dado que permite a los aprendices visualizar objetos y manipularlos en el espacio; con lo que se facilita la comprensión de conceptos geométricos y la visualización de los problemas matemáticos. Por lo tanto, desde la neuroeducación se recomienda a los educadores proponer actividades en las que los estudiantes puedan manipular sólidos, así como representar gráficamente los problemas que se propongan. Estas actividades son efectivas para la estimulación del pensamiento espacial, esencial para el aprendizaje de las matemáticas. Lo mismo sucede con la inteligencia musical, que Gardner (1983) describe, entre otras cosas, como una forma de pensamiento que habilita a los individuos para identificar patrones y secuencias, por lo que la integración de la música en el currículo puede tener efectos sumamente positivos en el aprendizaje de las matemáticas, ya que permite agudizar las habilidades auditivas de los individuos, así como su coordinación, con lo que tienen mayores ventajas para abordar los enunciados de los problemas.

Por otro lado, la inteligencia lingüística, aunque puede considerarse bastante alejada del enfoque matemático, es crucial desde un punto de vista transversal a todas las áreas del conocimiento. Incluso la matemática cuenta con teoremas y enunciados en los que se entregan instrucciones y datos para que los estudiantes puedan solucionar los problemas propuestos (Gardner, 1983). En este caso, aporta información adicional al

demostrar que, de hecho, el procesamiento del lenguaje se encuentra interconectado con las regiones cognitivas que se encargan del procesamiento de la información matemática (Pulvermüller, 2013).

En consecuencia, la teoría de las inteligencias múltiples ofrece un marco de referencia importante para el diseño de estrategias didácticas derivadas de la neuroeducación para la enseñanza de las matemáticas, en las que sea posible estimular diferentes formas de pensamiento y aprovechar las habilidades resultantes de este proceso para fortalecer el aprendizaje de los conceptos en la asignatura. Dichas estrategias pueden contemplar actividades en las que se incluyan elementos tanto visuales como físicos que se puedan manipular; además de abrir espacios de colaboración, reflexión y aprendizaje con la ayuda de melodías que permitan apoyar la memorización de aspectos como ecuaciones, teoremas y tablas; de modo que los estudiantes desarrollen inteligencias como la interpersonal, la espacial y la musical (Tomlinson, 2017).

De esta forma, en lugar de priorizar tan solo el pensamiento lógico-matemático y el espacial, que tienen una relación evidente con las matemáticas, se apela por un desarrollo integral que permita a los estudiantes recurrir a diferentes mecanismos y habilidades con las que se sientan más cómodos para dar solución a los desafíos que se lleguen a proponer en esta área. Ahora bien, es importante tener en cuenta que la implementación de la teoría de inteligencias múltiples en escenarios de aprendizaje requiere de una comprensión profunda de la manera en que cada inteligencia dentro del

modelo se desarrolla e interactúa con las demás. Con esto en mente, se puede recurrir a las herramientas y estrategias que se basan en los hallazgos de la neuroeducación para diseñar un currículo que reconozca la diversidad cognitiva de la población estudiantil, para llevar a cabo lecciones inclusivas en las que todos los alumnos tengan la oportunidad de acceder a un aprendizaje personalizado (Sousa, 2017).

Del mismo modo, la dimensión emocional de los seres humanos, mencionada anteriormente en el enfoque holístico de la educación, es fundamental para el fomento del aprendizaje de las matemáticas. Esta depende de la disposición de los estudiantes para asumir los desafíos que supone el aprendizaje sin desistir ni frustrarse. En este sentido, se requiere de una forma especial de motivación que es la intrínseca, la cual se refiere al deseo que experimentan los individuos por aprender, para satisfacer su curiosidad intelectual y pasión por un área del conocimiento en específico, lo que lleva a los individuos a participar activamente y profundizar sobre el tema de manera autónoma; acciones que tienen efecto importante sobre los resultados académicos. A este respecto, Deci y Ryan (2000) mencionan que la motivación intrínseca es proporcional al nivel de compromiso y persistencia en la participación dentro de las actividades de aprendizaje, lo cual es esencial en una asignatura con tal alto grado de formalización como es la de las matemáticas.

Otro componente importante de la dimensión emocional es precisamente la emoción o entusiasmo que se experimenta por el aprendizaje de las matemáticas. Sin esta se formarán barreras que obstaculizan la comprensión y la retención de los

conceptos (Ashcraft y Krause, 2007). A través de la neuroeducación es posible determinar que la emoción es procesada en el sistema límbico y que su activación puede interferir con el procesamiento cognitivo cuando el individuo experimenta estrés, ansiedad o sus impulsos se encuentran fuera de control. En este sentido, es preciso crear escenarios de aprendizaje en los que los estudiantes experimenten bienestar y sus impulsos se encuentren bajo control, haciendo que su atención pueda enfocarse en los objetivos de aprendizaje y el entusiasmo sirva como motor para alimentar su perseverancia. Con esto en mente, se recomienda la implementación de actividades en las que se fomente la autoeficacia y la resiliencia, que son aptitudes que benefician el aprendizaje de las matemáticas y reducen el impacto de los sentimientos negativos que pueden desprenderse del aprendizaje de conceptos complejos o la resolución de problemas desafiantes (Bandura, 1997).

En este sentido, la integración de motivación y emoción en la enseñanza de las matemáticas representa una oportunidad importante para el mejoramiento de la experiencia de aprendizaje y la eliminación de obstáculos innecesarios; no obstante, para lograrlo, es preciso comprender la manera en la que estos factores interactúan con las estrategias pedagógicas. Desde la neuroeducación, se pueden aplicar herramientas de diseño de estrategias pedagógicas que permitan la integración de la motivación y la emoción, como es el caso de las tecnologías educativas que ofrecen retroalimentación instantánea y disponen de sistemas para gestionar procesos de autoevaluación (Schunk, 2008). El uso de actividades asociadas con los intereses de los estudiantes y que

ofrezcan una sensación de logro y competencia también puede ser efectivo para estimular motivación y entusiasmo por el aprendizaje (Eccles y Wigfield, 2002).

2.3 Propuesta

Motivación y Emoción en el Aprendizaje Matemático

La resolución de problemas es fundamental en las matemáticas, dado que permite a los aprendices activar sus conocimientos para aplicarlos a la solución de problemas, que es en esencia uno de los grandes objetivos de más matemáticas. En opinión de Schoenfeld (1992), esta competencia implica el uso de estrategias generales adaptables que estimulan el desarrollo de la comprensión conceptual y el pensamiento crítico; dado que el procesamiento de problemas complejos lleva a la activación de regiones específicas en el cerebro como el lóbulo frontal y el parietal que se asocian con el razonamiento y la toma de decisiones (Bunge et al., 2006).

No obstante, se debe tener en cuenta que esta competencia depende fundamentalmente de la motivación intrínseca que experimentan los aprendices, así como lo sostienen Deci y Ryan (2000). Esto se debe a que los sujetos tienden a persistir en las actividades y a ser más creativos cuando se les ofrecen estímulos que activan relaciones de recompensa y motivación en el cerebro como el centro de dopamina (Schultz, 1998).

Otro factor importante es la retroalimentación, que, de acuerdo con Kluger y DeNisi (1996), cuando cumple las condiciones de ser específica y positiva, ofrece a los estudiantes información clara sobre sus fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora en las estrategias, técnicas y hábitos con los que cuentan para dar solución a los problemas matemáticos. Este proceso activa las regiones de recompensa del cerebro, lo que lleva al aumento de la motivación y el mejoramiento del rendimiento en la resolución de problemas (Hattie y Timperley, 2007). Finalmente, es preciso mencionar la práctica deliberada que, según Ericsson et al. (1993), consiste en la práctica y el enfoque de mejora, acciones esenciales para lograr el desarrollo de aptitudes sobresalientes en la resolución de problemas (Goswami, 2008)..

3. CONCLUSIONES

La innovación pedagógica es un proceso que cuestiona los métodos tradicionales, haciendo uso de metodologías, marcos teóricos y recursos técnicos que permiten a los docentes optimizar el proceso de enseñanza – aprendizaje, con ayuda del creciente conocimiento que se ha adquirido sobre el cerebro humano y la forma en la que los individuos aprenden a través de la neuroeducación, las ciencias cognitivas, la pedagogía y la psicología; lo que hace que sea posible crear modelos de enseñanza personalizados que respondan a las necesidades específicas de aprendizaje de los aprendices; reconociéndolos como individuos multidimensionales que requieren de una atención integral para poder alcanzar un desarrollo de calidad y con bienestar. Además, se ha

determinado que la habilidad de los individuos para aprender está determinada en parte por sus características fisiológicas, como su capacidad de memoria de trabajo, pero también por sus hábitos, su crianza y el desarrollo de habilidades fundamentales como las de metacognición y control emocional.

Ahora bien, para aprovechar los beneficios de la neurociencia, es preciso, en primera instancia, diferenciar entre sus hallazgos genuinos y los llamados neuromitos, que derivan de una sobre simplificación de los resultados de investigaciones neurocientíficas, pero que carecen en sí mismos de una base empírica sólida. Es necesario adoptar una postura crítica respecto a los descubrimientos que se realicen dentro de la neurociencia, lo cual implica no solamente recurrir a la evidencia neurocientífica pertinente, sino también cuestionar la utilidad que las teorías y metodologías propuestas puedan tener, para evitar incurrir en el colonialismo científico, de la neurociencia sobre la pedagogía; aunque es preciso tener en cuenta que la neuroeducación ofrece conocimiento importante para mejorar la experiencia de aprendizaje comprendiendo cuales son los procesos que deben activarse en el cerebro humano para que este responda positivamente a la enseñanza y que estrategias son las más adecuadas para lograr esta activación.

Asimismo, gracias a la neuroeducación se ha fortalecido el proceso de transformación de la educación pasiva a un modelo centrado en el estudiante, en donde este asume un rol activo, participativo y propositivo; de modo que logran comprender su aprendizaje desde una perspectiva crítica y reflexiva, para luego trasladarlo a la realidad

y ponerlo al servicio de sus necesidades cotidianas, favoreciendo la autonomía y el desarrollo continuo. Por su parte, el educador debe cuestionar sus métodos y estrategias para identificar cuáles son efectivas en este nuevo enfoque integral e inclusivo y cuáles solamente suponen obstáculos innecesarios; para ajustar los escenarios y las metodologías a las necesidades de una población cognitivamente diversa y evitar los sentimientos de frustración, desmotivación, estrés, inseguridad y ansiedad que suelen ser frecuentes en las aulas de matemáticas.

Además de aprovechar el conocimiento que aporta la neuroeducación para diseñar estrategias en las que se anticipe la respuesta de los estudiantes, para estimular el desarrollo de sus conocimientos y habilidades de una forma efectiva; aunque para esto los docentes deben contar con una preparación adecuada en el tema de la neuroeducación y demostrar dominio en sus postulados con la suficiente propiedad. En conclusión, la neuroeducación ha probado ser una interdisciplina de extremo valor en los procesos de enseñanza y aprendizaje desde una perspectiva holística, especialmente en el caso de las matemáticas, adaptando la metodología a la diversidad cognitiva y contextual.

REFERENCIAS

- Ashcraft, M., & Krause, J. (2007). Working memory, math anxiety, and performance. *Journal of Experimental Psychology: General*, 136(2), 217-237. <https://doi.org/https://doi.org/10.1037/0096-3445.136.2.217>
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. W. H. Freeman.
- Béjar, M. (2020). Neuroeducación. Padres y Maestros. *Journal of Parents and Teachers*(355), 49-53.
- Blakemore, S., & Frith, U. (2005). The anatomy of mentalizing. *Cognitive Neuroscience*, 7(4), 1005-1010. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/cercor/bhi132>
- Bowers, J. (2016). The practical and principled problems with educational neuroscience. *Psychological Review*, 123(5), 600-612. <https://doi.org/https://doi.org/10.1037/rev0000025>
- Bunge, S., Kahn, I., & Wallis, J. (2006). The role of the prefrontal cortex in working memory and executive function. *Nature Reviews Neuroscience*, 7(5), 499-510. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/nrn1903>
- Codina, M. (2014). *Neuroeducación en virtudes cordiales*. Universidad de Valencia.
- Dewey, J. (1995). *Democracia y educación: una introducción a la filosofía de la educación*. Morata.
- Díaz, G. (2015). ¿Qué es la Psicología? . *Revista Intercontinental de Psicología y Educación*, 8(1), 111-142.
- Domínguez, M. (2019). Neuroeducación: elemento para potenciar el aprendizaje en las aulas del siglo XXI. *Educación y Ciencia*, 8(52), 66-76.
- Eccles, J., & Wigfield, A. (2002). *Motivation in education: Theory, research, and applications*. Academic Press.
- Ericsson, K., Krampe, R., & Tesch-Römer, C. (1993). The role of deliberate practice in the acquisition and maintenance of expert performance. *Psychological Review*, 100(3), 363-406. <https://doi.org/https://doi.org/10.1037/0033-295X.100.3.363>
- Formosinho, M., Reis, C., & De Jesús, P. (2013). Educational sciences: towards a theoretical rebirth beyond reductionisms. *Teoría de la Educación. Revista Interuniversitaria*, 25(1), 47-62. <https://doi.org/https://doi.org/10.14201/11149>

- Freire, P. (2004). *Pedagogía de la autonomía*. Sao Paulo: Paz e Terra SA.
- Gallo, K. (2019). *¿Ha cambiado la enseñanza de las matemáticas en los últimos años?*. UTPL: <https://noticias.utpl.edu.ec/ha-cambiado-la-ensenanza-de-las-matematicas-en-los-ultimos-anos>
- Gardner, H. (1983). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*. Basic Books.
- González, S., & Pons, R. (2011). El constructivismo hoy: Enfoques constructivistas en educación. *Revista Redie*, 13(1), 1-27.
- Janati, A., Alami, M., Lamkaddem, A., & Souirti, Z. (2020). Brain knowledge and predictors of neuromyths among teachers in Morocco. *Trends in Neuroscience and Education*, 20.
<https://doi.org/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2211949320300119?via%3Dihub>
- Meza, A. (2014). Estrategias de aprendizaje, definiciones, clasificaciones e instrumentos de medición. *Propósitos y Representaciones*, 1(2), 193–214.
- Meza, L., & Moya, M. (2020). TIC y neuroeducación como recurso de innovación en el proceso de enseñanza y aprendizaje. *ReHuSo: Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales*, 5(2), 85-96.
<https://doi.org/https://core.ac.uk/download/pdf/322579696.pdf>
- Mora, F. (2021). *Neuroeducación. Sólo se puede aprender aquello que se ama*. Madrid: Alianza.
- Pardo, F. (2015). Conclusiones. En J. J. A. Forés, *Neuromitos en educación*. Barcelona: Plataforma Actual.
- Puigbo, J. (2020). *¿Qué es la metacognición? Ejemplos y estrategias*. Psicología-Online: <https://www.psicologia-online.com/que-es-la-metacognicion-ejemplos-y-estrategias-4267.html>
- Pulvermüller, F. (2013). Neurocognitive mechanisms of language and language impairment. *Journal of Neurolinguistics*, 26(4), 165-187.
- Ramos, J., & Rhea, B. (2017). La pedagogía como ciencia para el tratamiento de los contenidos generales del proceso educativo y la formación de valores. *Perfiles Educativos*, 5–21.
- Rivera, A. (2013). *Estrategias cognitivas del aprendizaje*. Universidad Internacional del Ecuador.

- Schoenfeld, A. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense making in mathematics. En I. D. Grouws, *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (págs. 334-370). Macmillan Publishing.
- Schunk, D. (2008). *Learning theories: An educational perspective*. Pearson Education.
- Sibaja, J. (2018). Diversas formas de navegar el mundo: el aprendizaje en tiempos de la neurociencia. *Revista Conexiones: una experiencia más allá del aula*, 68-76.
- Siles, M. (2020). *Propuesta de un programa basado en Neuroeducación en el aula de infantil*. Murcia: Universidad Católica de Murcia.
<https://repositorio.ucam.edu/bitstream/handle/10952/4461/TFG%20Mar%C3%ADa%20Siles.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sternberg, R. (1999). The theory of successful intelligence. *Review of General Psychology*, 3(4), 292-316. <https://doi.org/https://doi.org/10.1037/1089-2680.3.4.292>
- Tacca, D. (2019). Estrategias neuroeducativas, satisfacción y rendimiento académico. *Propósitos y Representaciones*, 1-20.
- Vygotsky, L. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Wolfe, P. (2017). Brain-compatible learning: Fad or foundation? . *School Administrator*, 63(11), 10-15.
- Wood, D., Bruner, J., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89-100.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x>