

Artículo de revisión

Recibido: 21-07-2024 - Aceptado: 09-06-2025 - Publicado: 03-07-2025

El impacto de la neurociencia en la enseñanza y el aprendizaje: evidencia de una revisión sistemática

Manuel Antonio Tinjacá Muñoz ¹

Resumen

Este artículo, basado en una revisión sistemática de la literatura es un artículo de reflexión que aborda la aplicación de la neurociencia en la educación. La revisión se realizó entre fuentes académicas publicadas en diferentes países, durante el año 2024. En las últimas décadas, la neuroeducación ha emergido como una disciplina clave para mejorar la enseñanza y el aprendizaje mediante una comprensión profunda del cerebro humano. Uno de los conceptos fundamentales es la plasticidad cerebral, que refleja la capacidad del cerebro para reorganizarse en respuesta a nuevas experiencias, lo que subraya la importancia de proporcionar entornos de aprendizaje ricos y variados que fortalezcan las conexiones neuronales y mejoren las capacidades cognitivas de los estudiantes. Se destacan varias técnicas pedagógicas basadas en la neurociencia educativa, como el aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje activo, que han demostrado ser eficaces para mejorar la retención de información y la motivación intrínseca. Además, se discute la necesidad de corregir los neuromitos comunes en el ámbito educativo y la relevancia de la educación emocional para crear ambientes de aprendizaje más efectivos. El estudio enfatiza la necesidad de formación continua para los docentes en neurociencia educativa y la adopción de tecnologías educativas, como neurorobots y EEG, para apoyar el desarrollo de métodos de enseñanza personalizados y adaptativos que mejoren el rendimiento académico y el bienestar

¹ Maigister en Tecnología Educativa y Competencias Digitales, Universidad Internacional de la Rioja, La Rioja, España. Docente Secretaria de Educación Bogotá, Bogotá, Colombia.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8310-5332>; email: manueltinjaca.est@umecit.edu.pa

socioemocional de los estudiantes. Las limitaciones identificadas incluyen la falta de recursos y formación especializada, especialmente en contextos culturales y socioeconómicos diversos. Se sugiere que futuros estudios evalúen los efectos a largo plazo de estas intervenciones y exploren enfoques más integrados para una educación basada en la neurociencia.

Palabras clave: Plasticidad cerebral, neurociencia educativa, rendimiento académico, neuromitos, tecnologías educativas.

Applications of neuroscience in physics education: a systematic review

Abstract

This article, based on a systematic review of the literature, is a reflection paper that addresses the application of neuroscience in education. The review was conducted using academic sources published in different countries during the year 2024. In recent decades, neuroeducation has emerged as a key discipline to improve teaching and learning through a deep understanding of the human brain. One of the fundamental concepts is brain plasticity, which reflects the brain's ability to reorganize itself in response to new experiences, highlighting the importance of providing rich and varied learning environments that strengthen neural connections and improve students' cognitive abilities. Several neuroscience-based pedagogical techniques, such as project-based learning and active learning, have proven to be effective in enhancing information retention and intrinsic motivation. Additionally, the need to correct common neuromyths in the educational field and the importance of emotional education in creating more effective learning environments are discussed. The study emphasizes the need for continuous teacher training in educational neuroscience and the adoption of educational technologies, such as neurorobots and EEG, to support the development of personalized and adaptive teaching methods that improve academic performance and students' socio-emotional well-being. The identified limitations include the lack of resources and specialized training, particularly in diverse cultural and socio-economic contexts. It is suggested that future studies evaluate the long-term effects of these interventions and explore more integrated approaches to neuroscience-based education.

Keywords: Brain plasticity, educational neuroscience, academic performance, neuromyths, educational technologies.

Aplicações da neurociência no ensino de física: uma revisão sistemática

Resumo

Este artigo, baseado em uma revisão sistemática da literatura, é um artigo de reflexão que aborda a aplicação da neurociência na educação. A revisão foi realizada com base em fontes acadêmicas publicadas em diferentes países, durante o ano de 2024. Nas últimas décadas, a neuroeducação emergiu como uma disciplina chave para melhorar o ensino e a aprendizagem por meio de uma compreensão profunda do cérebro humano. Um dos conceitos fundamentais é a plasticidade cerebral, que reflete a capacidade do cérebro de se reorganizar em resposta a novas experiências, destacando a importância de proporcionar ambientes de aprendizagem ricos e variados que fortaleçam as conexões neurais e melhorem as capacidades cognitivas dos estudantes. Diversas técnicas pedagógicas baseadas na neurociência educacional, como a aprendizagem baseada em projetos e a aprendizagem ativa, mostraram-se eficazes para melhorar a retenção de informações e a motivação intrínseca. Além disso, discute-se a necessidade de corrigir os neuromitos comuns no campo educacional e a importância da educação emocional para criar ambientes de aprendizagem mais eficazes. O estudo enfatiza a necessidade de formação contínua dos professores em neurociência educacional e a adoção de tecnologias educacionais, como neurorobôs e EEG, para apoiar o desenvolvimento de métodos de ensino personalizados e adaptativos que melhorem o desempenho acadêmico e o bem-estar socioemocional dos estudantes. As limitações identificadas incluem a falta de recursos e formação especializada, especialmente em contextos culturais e socioeconômicos diversos. Sugere-se que estudos futuros avaliem os efeitos a longo prazo dessas intervenções e explorem abordagens mais integradas para uma educação baseada na neurociência.

Palavras-chave: Plasticidade Cerebral, Neurociência Educacional, Desempenho Acadêmico, Neuromitos, Tecnologias Educacionais.

Introducción

En las últimas décadas, la aplicación de los conocimientos de la neurociencia al ámbito educativo ha ganado una relevancia significativa. Esta intersección entre neurociencia y educación, conocida como neuroeducación, se ha desarrollado como una disciplina que busca mejorar los métodos de enseñanza y aprendizaje mediante una comprensión profunda de cómo funciona el cerebro humano. La justificación para integrar la neurociencia en la educación se basa en la evidencia científica que muestra cómo los principios neurocientíficos pueden optimizar el aprendizaje y el rendimiento académico de los estudiantes.

La neurociencia ha demostrado que el cerebro es altamente plástico y capaz de reorganizarse en respuesta a la experiencia y al aprendizaje (Draganski et al., 2004). Este concepto de plasticidad cerebral subraya la importancia de proporcionar experiencias de aprendizaje ricas y variadas que puedan fortalecer las conexiones neuronales y mejorar las capacidades cognitivas de los estudiantes. Por ejemplo, estudios han demostrado que la estimulación cognitiva a través de actividades educativas adecuadas puede mejorar la memoria, la atención y el pensamiento crítico (Diamond & Lee, 2011).

Además, la neurociencia ha revelado cómo diferentes estilos de enseñanza y técnicas pedagógicas pueden influir en el cerebro de maneras específicas. Técnicas como el aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje activo han mostrado ser eficaces para involucrar múltiples áreas del cerebro, promoviendo una mejor retención de la información y una comprensión más profunda (Hmelo-Silver et al., 2007). La investigación sugiere que métodos de enseñanza que fomentan la participación activa y la resolución de problemas no solo hacen que el aprendizaje sea más significativo, sino que también mejoran la motivación intrínseca de los estudiantes (Bransford, Brown, & Cocking, 2000).

Asimismo, la comprensión de los neuromitos y la corrección de malentendidos sobre el cerebro son cruciales para evitar prácticas educativas ineficaces. Investigaciones han mostrado que muchos educadores todavía creen en conceptos erróneos sobre el cerebro, como la existencia de estilos de aprendizaje individuales fijos, lo que puede llevar a la implementación de estrategias pedagógicas inadecuadas (Dekker et al., 2012). Por lo tanto, una formación adecuada en neurociencia educativa puede equipar a los docentes con el conocimiento necesario para aplicar prácticas basadas en evidencia y mejorar los resultados educativos.

El impacto de las emociones en el aprendizaje es otro campo donde la neurociencia ha aportado conocimientos valiosos. Las investigaciones han

demostrado que las emociones juegan un papel crucial en la atención, la memoria y la motivación (Immordino-Yang & Damasio, 2007). Estrategias que integran la educación emocional y promueven un ambiente de aprendizaje positivo pueden, por lo tanto, facilitar el proceso de aprendizaje y mejorar el bienestar general de los estudiantes (Durlak et al., 2011).

En resumen, la integración de los conocimientos neurocientíficos en la educación no solo tiene el potencial de mejorar significativamente el rendimiento académico, sino que también puede contribuir al desarrollo integral de los estudiantes. Al comprender cómo el cerebro aprende, los educadores pueden diseñar estrategias más efectivas y personalizadas que respondan a las necesidades individuales de los estudiantes, promoviendo así un aprendizaje más profundo y duradero.

En este documento, aportamos al conocimiento actual sobre la aplicación de conceptos de neurociencia en la educación escolar mediante una revisión sistemática de la literatura proveniente de las bases de datos más destacadas. En este proceso, analizamos áreas que reflejan los objetivos de la revisión. La estructura del documento es la siguiente: comenzamos con una revisión preliminar de trabajos relacionados, de la cual derivamos algunas preguntas de investigación. Luego, detallamos el método utilizado para buscar estudios relevantes, presentamos los resultados obtenidos, y finalmente, discutimos los hallazgos y sugerimos direcciones futuras para la investigación en este campo.

Búsqueda preliminar de literatura

Para comprender y subrayar la necesidad actual de la investigación en la aplicación de la neurociencia en la educación particularmente en la escuela, primero examinamos la literatura existente, categorizando y subcategorización las temáticas presentes en los artículos decantados, siguiendo un enfoque sistemático que involucró varias etapas.

Primero, se leyó detenidamente todos los resúmenes proporcionados para comprender los temas principales abordados en cada uno. Esta lectura inicial fue fundamental para identificar patrones comunes, conceptos clave y enfoques metodológicos repetidos en los estudios. A partir de la comprensión general de los resúmenes se identificaron los temas principales recurrentes. Estos temas principales reflejan las áreas más relevantes y frecuentemente discutidas en la aplicación de la neurociencia en la educación. Los temas principales identificados fueron:

Tabla 1. Categorías y descripción, extraída de los artículos seleccionados las temáticas tratadas en las aplicaciones de la neurociencia en la educación en colegios

CATEGORIA	DEFINICIÓN
Aplicación de la Neurociencia en la Educación:	Este tema engloba la integración de principios neurocientíficos en la práctica educativa.
Plasticidad Cerebral	Relacionado con la capacidad del cerebro para adaptarse y cambiar como resultado de nuevas experiencias.
Técnicas Pedagógicas	Diversas metodologías de enseñanza basadas en principios neurocientíficos.
Corrección de Neuromitos	Enfoque en desmentir conceptos erróneos comunes sobre el cerebro en el ámbito educativo.
Impacto de las Emociones en el Aprendizaje	Explora cómo las emociones influyen en el proceso de aprendizaje y la efectividad educativa.

Después de establecer las temáticas principales, se desglosó cada una en subcategorías más específicas. Cada subcategoría representa un aspecto particular o una metodología específica dentro del tema principal. Este paso permitió una organización más detallada y estructurada de los resúmenes. Las subcategorías se definieron de la siguiente manera:

Tabla 2. Categorías y subcategorías extraídas de los artículos seleccionados las aplicaciones de la neurociencia en la enseñanza aprendizaje en los colegios

CATEGORIA	SUBCATEGORIA	DESCRIPCIÓN
Plasticidad Cerebral	Estimulación Cognitiva:	Actividades y enfoques que promueven el desarrollo y la mejora de capacidades cognitivas.
	Mejora de Capacidades Cognitivas	Estrategias para aumentar habilidades mentales específicas.
Técnicas Pedagógicas	Aprendizaje Basado en Proyectos:	Métodos de enseñanza que utilizan proyectos como herramienta principal.
	Aprendizaje Activo	Estrategias que involucran a los estudiantes activamente en el proceso de aprendizaje.
	Métodos de Enseñanza Eficaces:	Prácticas pedagógicas comprobadas que mejoran el rendimiento académico.
Corrección de Neuromitos	Educación Basada en Evidencia:	Uso de investigación científica sólida para guiar la práctica educativa.
	Corrección de Malentendidos:	Esfuerzos para rectificar falsas creencias sobre el cerebro.
Impacto de las Emociones en el Aprendizaje	Rol de las Emociones:	Importancia de las emociones en el proceso de aprendizaje.
	Educación Emocional:	Enseñanza de habilidades emocionales y sociales.
	Ambiente de Aprendizaje Positivo	Creación de un entorno favorable para el bienestar y el aprendizaje efectivo.

Finalmente, se definió categoría y subcategoría correspondiente basado en el contenido y enfoque de los estudios. Esta asignación fue realizada considerando los objetivos y resultados principales de cada investigación, asegurando que cada resumen estuviera categorizado de manera precisa y lógica.

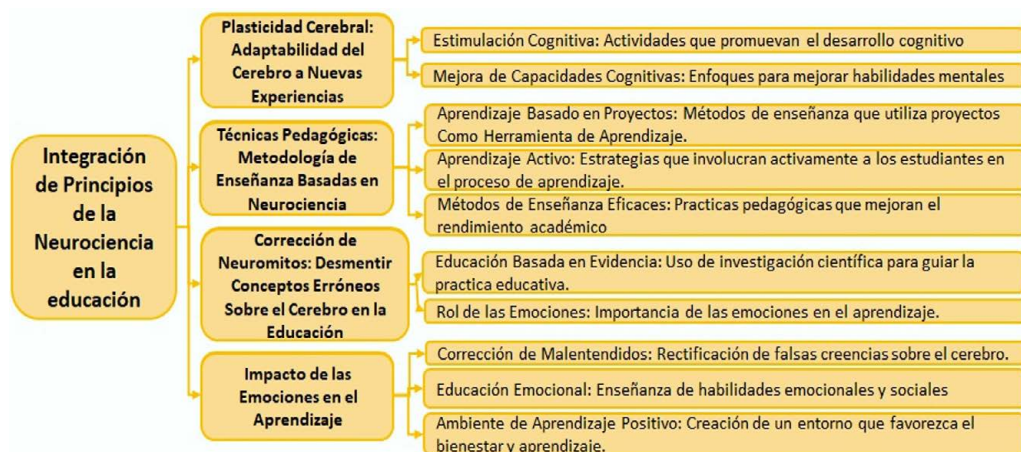


Figura 1. Gráfico de las categorías y subcategorías extraídas de los artículos seleccionados las aplicaciones de la neurociencia en la enseñanza aprendizaje en los colegios.

Con las categorías y subcategorías definidas, se graficó un mapa conceptual que visualiza esta estructura. El mapa conceptual ayuda a ilustrar las relaciones entre las diferentes categorías y subcategorías, proporcionando una representación visual clara y organizada de las temáticas abordadas en los artículos. Este enfoque sistemático asegura que cada tema y subtema se aborde de manera coherente y exhaustiva, facilitando una comprensión más profunda de cómo la neurociencia se aplica en el contexto educativo.

Al revisar el trabajo existente, surgen interrogantes sobre cómo se aplica la neurociencia en la educación escolar. Por ello, hemos definido cuatro objetivos para nuestra revisión literaria. Primero, buscamos entender los propósitos de incorporar la neurociencia en el ámbito escolar (Objetivo 1), ya que su relevancia en este contexto no está claramente definida. Segundo, queremos investigar qué técnicas y metodologías basadas en la neurociencia se han utilizado en la enseñanza escolar (Objetivo 2) y evaluar los resultados obtenidos de estas aplicaciones (Objetivo 3). Finalmente, para el último

objetivo (Objetivo 4), pretendemos identificar las estrategias más efectivas para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes. A continuación, se detalla en la siguiente sección del artículo.

Métodos

Para trazar y mapear el ámbito de la neurociencia aplicada a la enseñanza en la escuela, se obtuvieron hallazgos iniciales a través de una búsqueda preliminar de literatura. Una de las conclusiones principales es que este campo ha experimentado una notable actividad en los últimos años. A partir de la experiencia obtenida en esta búsqueda preliminar, se desarrollaron términos de búsqueda, consultas y filtros específicos para la revisión sistemática de la literatura. Esta revisión se lleva a cabo siguiendo el marco PRISMA (Liberati et al., 2009), una guía que proporciona directrices para realizar revisiones sistemáticas y metanálisis.

Preguntas de Investigación

Aportando al estado del arte, exploramos diversos aspectos de cómo se aplica la neurociencia a la enseñanza en los colegios a nivel secundario, tal como se ha documentado en la literatura. Para ello, orientamos nuestra investigación con las siguientes preguntas:

RQ1: ¿Qué objetivos se pueden identificar en la literatura existente de la aplicación de neurociencia en la educación con énfasis en la enseñanza en las escuelas?

RQ2: ¿Qué técnicas y metodologías basadas en la neurociencia se han aplicado en la enseñanza en las escuelas?

RQ3: ¿Cuáles son los resultados de las intervenciones basadas en la neurociencia en el rendimiento académico de los estudiantes en las escuelas?

RQ4: ¿Qué estrategias basadas en la neurociencia son más efectivas para enseñar habilidades y mejorar el rendimiento académico en las escuelas?

Fuentes de información

Como fuentes de datos, elegimos Scopus, Web of Science y Scielo, ya que abarcan los principales editores y revistas. Según Martín-Martín et al. (2018), solo el 29.8% de la literatura relevante en ciencias sociales y el 46.8% en ingeniería e informática están incluidas en las bases de datos revisadas. Para nuestro tema, estimamos un valor intermedio entre estos porcentajes, por lo que optamos por un enfoque que integra varias bases de datos independientes de los editores.

Criterios de búsqueda

A partir de los hallazgos de nuestra búsqueda preliminar de trabajos relacionados, diseñamos la siguiente consulta de búsqueda:

(Neuroscience OR Neurolearning OR Neurodidactics) AND (Teaching OR Learning) AND (Secondary OR “High School”)

Esta consulta combina palabras clave relacionadas con la educación y la palabra clave “Neurociencia”. Consideramos también términos como “Neurodidáctica” y “Neuroaprendizaje” debido a su relación con la neurociencia aplicada a la educación. Posteriormente se tuvo en cuenta las palabras “enseñanza” o “aprendizaje” para redireccionar la búsqueda hacia el tema en específico que requeríamos y por último se enfocó la búsqueda en un área de enseñanza específica como la física, pero los resultados fueron pocos menor a 20, por lo que se generalizó el estudio a las aplicaciones de la neuroeducación en la secundaria o high school.

Criterios de inclusión y exclusión

Las consultas se ejecutaron el 22 de Mayo de 2024 y se aplicaron dos veces a cada base de datos, primero como consulta de búsqueda de título y, en segundo lugar, como búsqueda basada en palabras clave. Esto resultó en un total de 943 resultados, publicaciones candidatas. El proceso general de búsqueda y filtrado se muestra en la Figura 2.

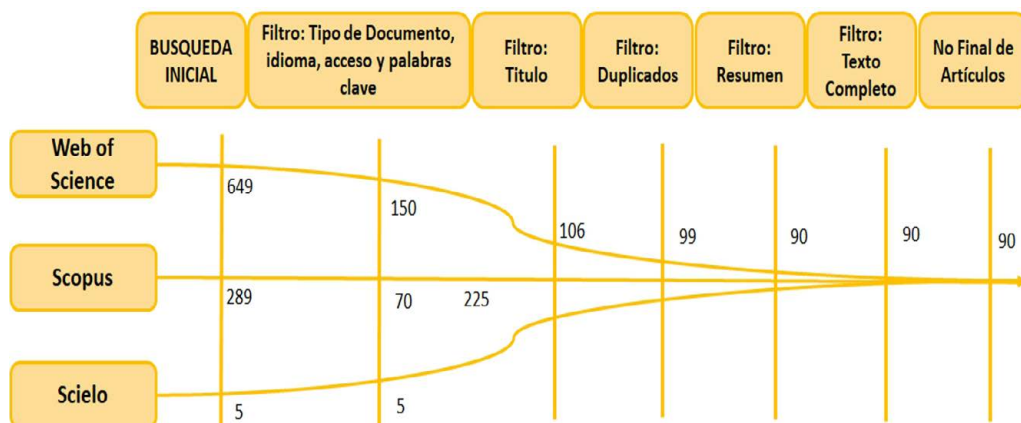


Figura 2. Diagrama de flujo PRISMA en cuatro niveles

El filtrado adicional consistió en un proceso de filtrado en varias etapas posteriores a la inicial. Primero, se filtró por idioma de preferencia en este caso inglés y español. Posteriormente se filtró por tipo de documento que para nuestra revisión se basó en artículos, ya que las investigaciones llevan consigo un artículo donde se publican los resultados. El siguiente filtro fue el tipo de acceso al documento, que se optó por un acceso abierto ya que se necesitaba tener el texto completo de los artículos para su estudio. Para finalizar esta etapa de filtro se buscaron palabras claves que tuvieran que ver con las palabras iniciales de búsqueda, esto para Scopus. Para WOS se optó por buscar temáticas relacionadas con las palabras claves de la búsqueda inicial.

En una tercera etapa los resultados de las consultas se filtraron por título excluyendo publicaciones que en el título no denotaran aplicaciones de la neurociencia con la educación y en particular con la educación en la secundaria o high school. Posteriormente se eliminaron duplicados para entrar en una clasificación más específica en los resúmenes que no describían resultados de investigaciones o estudios de la neurociencia en el aprendizaje o la enseñanza.

Continuando con la selección de artículos, aplicamos otro filtro de duplicados. Finalmente, un filtro basado en el texto completo, excluyendo publicaciones que en detalle no trajeran algún resultado o conclusión o aporte a la enseñanza o aprendizaje en base a conceptos neurocientíficos.

Después de los primeros, segundo y tercer filtros, identificamos 106 publicaciones candidatas. Continuamos nuestro proceso de filtrado leyendo los textos completos de las publicaciones candidatas, lo que resultó en 90 publicaciones que se utilizaron para nuestra revisión. En comparación con los 943 resultados iniciales de la base de datos, la proporción de publicaciones relevantes es, por lo tanto, aproximadamente del 9.5%.

Análisis

Para analizar las publicaciones identificadas y derivar resultados de acuerdo con las preguntas de investigación, se codificaron los textos completos de la siguiente forma:

RQ1: Objetivos se pueden identificar en la literatura existente de la aplicación de neurociencia en la educación con énfasis en la enseñanza en las escuelas,

RQ2: Técnicas y metodologías basadas en la neurociencia se han aplicado en la enseñanza en las escuelas,

RQ3: Resultados de las intervenciones basadas en la neurociencia en el rendimiento académico de los estudiantes en las escuelas,

RQ4: Estrategias basadas en la neurociencia efectivas para enseñar habilidades y mejorar el rendimiento académico en las escuelas,

Para este fin, los códigos iniciales se identificaron mediante codificación abierta y se mejoraron iterativamente a través de la comparación, discusión en grupo entre los autores y la expansión posterior de códigos. Además, los códigos se complementaron con descripciones detalladas hasta que se alcanzó un punto de saturación, donde todos los estudios incluidos pudieron mapearse con éxito a códigos, sugiriendo que no había necesidad de refinamiento adicional.

Resultados

Agrupando las publicaciones relevantes según su fecha de lanzamiento, se observa que los estudios sobre las aplicaciones de la neurociencia en la educación están en una fase de creciente interés. La distribución de las publicaciones muestra un número ligeramente inferior en el año actual en comparación con el anterior, lo que podría deberse a un desfase temporal entre la publicación real de los manuscritos y su difusión en las bases de datos.



Figura 3. Publicaciones de las aplicaciones de la neurociencia en la enseñanza aprendizaje en los colegios identificadas en educación por año.

RQ1: ¿Qué objetivos en la educación se pueden identificar en la literatura existente de la aplicación de neurociencia en la enseñanza en las escuelas?

A partir del artículo seleccionado, se pueden identificar varios objetivos clave de la aplicación de la neurociencia en la educación en colegios. A continuación, se detallan estos objetivos:

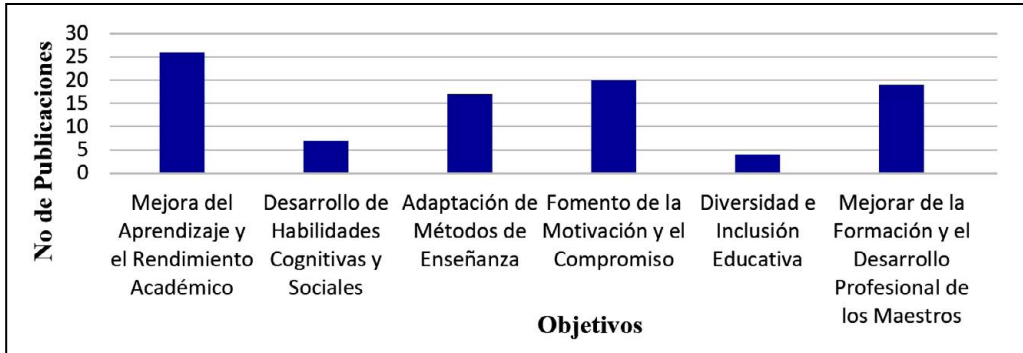


Figura 4. Objetivos que se pueden identificar en la literatura existente de la aplicación de neurociencia en la educación y la enseñanza en las escuelas

Objetivos y descripción

Mejorar del rendimiento académico

Optimización del Aprendizaje: Utilizar principios neurocientíficos para desarrollar estrategias de enseñanza que mejoren la retención de información y la comprensión profunda de los conceptos (Draganski et al., 2004; Bransford et al., 2000).

Desarrollo de habilidades cognitivas y socioemocionales

Fortalecimiento de Habilidades Cognitivas: Desarrollar programas que mejoren habilidades esenciales como la memoria, la atención y el procesamiento de la información (Cherrier et al., 2020).

Fomento de la Regulación Emocional: Ayudar a los estudiantes a gestionar mejor sus emociones y estrés, lo cual es crucial para un aprendizaje efectivo (Immordino-Yang & Damasio, 2007).

Adaptación de métodos de enseñanza

Adaptar y diseñar métodos de enseñanza basados en la neurociencia para hacer frente a las necesidades individuales de los estudiantes, considerando la diversidad en estilos de aprendizaje y capacidades cognitivas (Doukakis et al., 2022; Caballe, 2015).

Identificación Temprana de Problemas: Capacitar a los maestros para reconocer signos tempranos de trastornos del aprendizaje y otras dificultades cognitivas y emocionales (Hachem et al., 2022).

Intervenciones Preventivas: Implementar programas y prácticas que ayuden a prevenir problemas de salud mental y promover un entorno escolar positivo (Brick et al., 2021a).

Fomento de la motivación y el compromiso

Incremento de la Motivación Intrínseca: Diseñar experiencias de aprendizaje que sean intrínsecamente motivadoras y que involucren a los estudiantes en el proceso educativo (Amjad et al., 2023).

Estimulación del Interés por la Ciencia: Utilizar la neurociencia como un tema atractivo para despertar el interés de los estudiantes por las ciencias y las investigaciones científicas (Frey et al., 2021; Harris et al., 2020).

Fomento de la inclusión y la diversidad

Adaptación a Diferentes Estilos de Aprendizaje: Reconocer y atender las diversas formas en que los estudiantes aprenden, y adaptar las estrategias de enseñanza para ser inclusivas (Doukakis et al., 2022).

Reducción de Neuromitos: Educar a los maestros y estudiantes sobre la realidad del funcionamiento cerebral, eliminando mitos y conceptos erróneos que puedan afectar negativamente las expectativas y prácticas educativas (Dekker et al., 2012; Jeyavel et al., 2022; Rato et al., 2013).

Mejora de la formación y el desarrollo profesional de los maestros

Capacitación en Neurociencia Educativa: Proporcionar formación continua a los maestros sobre cómo aplicar principios neurocientíficos en el aula (Hachem et al., 2022).

Reducción de Neuromitos: Educar a los maestros y estudiantes sobre la realidad del funcionamiento cerebral, eliminando mitos y conceptos erróneos que puedan afectar negativamente las expectativas y prácticas educativas (Brick et al., 2021b).

Estos objetivos reflejan cómo la neurociencia puede integrarse en la educación para mejorar tanto el rendimiento académico como el bienestar socioemocional de los estudiantes, además de proporcionar herramientas valiosas para los maestros en su práctica educativa diaria.

RQ2: ¿Qué técnicas o metodologías basadas en la neurociencia se han aplicado en la enseñanza en las escuelas?

Basado en los artículos y textos seleccionados, se han aplicado varias técnicas y metodologías basadas en la neurociencia en la enseñanza y el

aprendizaje en los colegios. Aquí están algunas de las técnicas y metodologías destacadas junto con ejemplos específicos de su implementación.

Aprendizaje Basado en el Cerebro (BBL): Utiliza principios derivados de la investigación sobre la estructura y función del cerebro para diseñar enfoques de enseñanza integrales que mejoren el rendimiento académico (Amjad et al., 2023). Usado en matemáticas para mejorar la motivación intrínseca y el desempeño académico mediante actividades como narración visual, juego de roles, mapas i-Think, y actividades prácticas como el “Kick Me Poison Box” (Lagoudakis et al., 2022).

Métodos de Aprendizaje Basado en Proyectos Integrados STEM (STEM-PjBL): Integración de neurociencia con otras disciplinas STEM para inspirar y motivar a los estudiantes (Uden et al., 2023). Implementación: Aplicado en física, específicamente en mecánica clásica, para mejorar las creencias sobre la física (Aldemir et al., 2022). Programas como BrainWaves y SPN combinan neurociencia con STEM para inspirar vocaciones científicas (Blondel et al., 2019).

Educación Emocional y Alfabetización Emocional: Promoción de habilidades sociales y emocionales, integrando estos aspectos en el currículo escolar (Immordino-Yang & Damasio, 2007). Aplicación del Modelo del Árbol de Manzana en lenguas extranjeras (Kamenická, 2021). Programas como SEAL en Inglaterra integran la alfabetización emocional (Espino-Díaz et al., 2021).

Uso de Neurotecnologías Educativas: Neurorobots usados para mejorar la comprensión de conceptos neurocientíficos (Harris et al., 2020). EEG utilizado para identificar momentos óptimos de aprendizaje (Dikker et al., 2020).

Técnicas Neuropedagógicas: Fomento del pensamiento crítico y habilidades cognitivas (Rakhmetova et al., 2024).

Educación Multimodal: Uso de enfoques diversos de enseñanza para enriquecer la experiencia educativa (Caballe, 2015).

Intervenciones Metacognitivas: Programa NeuroStratE analizó el impacto del conocimiento cerebral en el rendimiento académico (Cherrier et al., 2020).

Simulaciones y Modelos Interactivos: Simulaciones como NeuroLab y PhET usadas para visualizar procesos biológicos y mejorar actitudes hacia la ciencia (Lichtenberg et al., 2020).

Corrección de Neuromitos: Identificación de neuromitos comunes entre maestros y estudiantes (Dekker et al., 2012; Rato et al., 2013; Jeyavel et al., 2022).

Enseñanza Personalizada y Adaptativa: Métodos diferenciados según necesidades individuales (Doukakis et al., 2022).

Desarrollo Profesional Docente: Programas en Canadá y Portugal mejoran prácticas pedagógicas (Hachem et al., 2022; Brick et al., 2021b).

Aprendizaje Experiencial: Programas como SEFTY incorporan colaboración y experiencias prácticas (Ghani et al., 2024).

Estas técnicas y metodologías han sido implementadas en diversos contextos educativos y han mostrado resultados positivos en la mejora del rendimiento académico, el desarrollo de habilidades cognitivas, el bienestar emocional, así como para fomentar el interés en las ciencias y la tecnología.

RQ3: ¿Cuáles son los resultados de las intervenciones basadas en la neurociencia en el rendimiento académico de los estudiantes en las escuelas?

Los resultados de las intervenciones basadas en la neurociencia en el rendimiento académico de los estudiantes en las escuelas son variados y positivos en múltiples aspectos:

Mejora en el Rendimiento Académico: El programa SEFTY mostró una mejora significativa del 20.3% en la competencia científica (Ghani et al., 2024). La intervención de BBL resultó en mejores puntuaciones en biología respecto al grupo de control (Lagoudakis et al., 2022). El uso de simulaciones como PhET mostró una comprensión del tema del 88% y un aumento del 76% en la efectividad de la formación (Lichtenberg et al., 2020).

Aumento en el Conocimiento y Comprensión de la Neurociencia: El Laboratorio Práctico Abierto en Neurociencias mejoró el conocimiento de los estudiantes y su actitud hacia la ciencia (Miranda Feitosa et al., 2021). Los programas de desarrollo profesional en neuroeducación también fortalecieron la comprensión de los docentes (Hachem et al., 2022).

Fomento del Interés y la Motivación en Ciencias: BrainWaves y Brain Bee aumentaron el interés por carreras científicas (Frey et al., 2021). El programa DOPA mejoró la percepción sobre drogas y ciencia (Lichtenberg et al., 2020). BBL mejoró la motivación en matemáticas (Amjad et al., 2023).

Desarrollo de Habilidades Cognitivas y Metacognitivas: El programa NeuroStratE fomentó el autoconocimiento y la autoeficacia (Cherrier et al., 2020). SEFTY promovió colaboración y competencia científica (Ghani et al., 2024). Las simulaciones virtuales en química mostraron impacto positivo en pensamiento crítico y competencias sociales (Rakhmetova et al., 2024).

Impacto en Habilidades Sociales y Emocionales: Las intervenciones en alfabetización emocional mejoraron el bienestar de los estudiantes (Immor-

dino-Yang & Damasio, 2007; Espino-Díaz et al., 2021). El uso de estímulos positivos mejoró retención de vocabulario (Kamenická, 2021).

Reducción de Neuromitos: La identificación y corrección de neuromitos en Turquía y Portugal mejoró las prácticas educativas (Dekker et al., 2012; Rato et al., 2013; Jeyavel et al., 2022).

Adopción de Tecnologías Educativas: La implementación de neurorobots facilitó la enseñanza práctica de conceptos complejos (Harris et al., 2020). EEG optimizó los horarios escolares (Dikker et al., 2020).

Efectividad en Métodos Personalizados: Los métodos basados en neurociencia se adaptaron a las necesidades individuales (Doukakis et al., 2022). La formación docente mostró impacto positivo en la autoeficacia y prácticas pedagógicas (Brick et al., 2021b).

Estos resultados reflejan mejoras en comprensión, motivación, competencias científicas y bienestar socioemocional, mostrando el valor de integrar la neurociencia en la práctica educativa.

RQ4: ¿Qué estrategias basadas en la neurociencia son más efectivas para enseñar habilidades y mejorar el rendimiento académico en las escuelas?

Las estrategias más efectivas incluyen:

Aprendizaje Basado en el Cerebro (BBL): Mejora la motivación intrínseca y el rendimiento en biología y matemáticas (Amjad et al., 2023; Lagoudakis et al., 2022).

Educación Emocional y Alfabetización Emocional: Mejora el bienestar y las habilidades socioemocionales, lo que se refleja en un mejor desempeño académico (Immordino-Yang & Damasio, 2007; Kamenická, 2021).

Desarrollo Profesional en Neurociencia Educativa: Incrementa el conocimiento docente sobre el cerebro y mejora prácticas pedagógicas (Hachem et al., 2022; Brick et al., 2021b).

Extensión Científica y Programas de Divulgación: BrainWaves y el Laboratorio Práctico Abierto en Neurociencias mejoran la comprensión neurocientífica y el interés científico (Frey et al., 2021; Miranda Feitosa et al., 2021).

Corrección de Neuromitos: Mejora las prácticas educativas corrigiendo conceptos erróneos sobre el cerebro (Dekker et al., 2012; Rato et al., 2013).

Gamificación y eModules: Aumentan la participación y la motivación estudiantil mediante experiencias atractivas (Buckley et al., 2022).

Programas de Neurorrobótica: Facilitan la comprensión de conceptos complejos mediante experiencias prácticas e interactivas (Harris et al., 2020).

Aprendizaje Basado en Proyectos STEM: Aumenta el interés y la comprensión de las ciencias, mejorando el rendimiento (Aldemir et al., 2022; Uden et al., 2023).

Uso de Electroencefalografía (EEG): Permite identificar los momentos óptimos del día para el aprendizaje (Dikker et al., 2020).

Simulaciones Virtuales y Entornos Interactivos: PhET y NeuroLab mejoran comprensión, pensamiento crítico y habilidades analíticas (Lichtenberg et al., 2020).

Aprendizaje Activo y Participativo: Talleres como SEFTY y laboratorios abiertos promueven competencia científica e inclusión (Ghani et al., 2024).

Enseñanza Multimodal: Enriquece la experiencia educativa y mejora la retención (Caballe, 2015).

Estas estrategias muestran efectividad en mejorar el rendimiento académico, las habilidades socioemocionales, la motivación hacia las ciencias y la formación docente.

Discusiones

Las contribuciones de la neurociencia en el campo de la educación muestran que las estrategias basadas en evidencia no solo mejoran el rendimiento académico, sino también habilidades cognitivas y socioemocionales, motivación intrínseca e inclusión educativa. Por ejemplo, SEFTY evidenció una mejora del 20.3% en competencia científica (Ghani et al., 2024), mientras que BBL aumentó significativamente la motivación intrínseca en matemáticas (Amjad et al., 2023).

Para los educadores, estos hallazgos ofrecen una base científica para diseñar prácticas más efectivas y personalizadas (Brick et al., 2021a; Hachem et al., 2022). Escuelas que adoptan estas estrategias pueden mejorar el ambiente de aprendizaje y el bienestar estudiantil. La formación docente basada en neurociencia ha demostrado mejorar la autoeficacia y las metodologías aplicadas (Brick et al., 2021b).

La literatura revisada valida el impacto de la neurociencia educativa en la transformación pedagógica (Hruby, 2012; Bransford et al., 2000). La corrección de neuromitos (Dekker et al., 2012; Rato et al., 2013; Jeyavel et al., 2022) y el uso de tecnologías como neurorobots (Harris et al., 2020) y simuladores (Lichtenberg et al., 2020) refuerzan la necesidad de enfoques basados en evidencia.

Futuras investigaciones deberían evaluar los efectos longitudinales de estas estrategias, su adaptación a diferentes contextos culturales (Kazanjian & Rossatto, 2020), y el impacto combinado de programas como BBL, STEM-PjBL y educación emocional (Uden et al., 2023; Immordino-Yang & Damasio, 2007). También sería valioso investigar la integración de tecnologías emergentes como IA y realidad aumentada (Yermakova et al., 2023).

En conclusión, la neurociencia aplicada a la educación ofrece oportunidades significativas para mejorar la calidad educativa y el bienestar estudiantil, aunque aún se requiere más investigación para adaptar estas estrategias a diversos contextos y consolidar su efectividad a largo plazo.

Respuesta a las preguntas de investigación

RQ1: ¿Cuáles son los objetivos principales de la aplicación de la neurociencia en la enseñanza escolar?

Los objetivos identificados en la literatura incluyen: (1) mejorar el rendimiento académico mediante estrategias basadas en el conocimiento del cerebro (Draganski et al., 2004; Bransford et al., 2000); (2) desarrollar habilidades cognitivas y socioemocionales, como la memoria, la atención y la regulación emocional (Cherrier et al., 2020; Immordino-Yang & Damasio, 2007); (3) adaptar métodos de enseñanza a las diferencias individuales en estilos de aprendizaje (Doukakis et al., 2022); (4) identificar precozmente dificultades de aprendizaje (Hachem et al., 2022); (5) fomentar la motivación intrínseca y el interés por la ciencia (Amjad et al., 2023; Frey et al., 2021); (6) reducir neuromitos que afectan la práctica docente (Dekker et al., 2012; Jeyavel et al., 2022); y (7) fortalecer la formación docente en neurociencia educativa (Brick et al., 2021b).

RQ2: ¿Qué técnicas o metodologías basadas en la neurociencia se han aplicado en la enseñanza en las escuelas?

Entre las más destacadas se encuentran: el Aprendizaje Basado en el Cerebro (BBL), que mejora la motivación y el rendimiento académico (Amjad et al., 2023); el enfoque STEM-PjBL que integra la neurociencia con otras disciplinas (Aldemir et al., 2022); la educación emocional, que fortalece habilidades sociales (Kamenická, 2021); el uso de neurorobots y EEG para mejorar la comprensión y optimizar horarios (Harris et al., 2020; Dikker et al., 2020); las intervenciones metacognitivas como NeuroStratE (Cherrier et al., 2020); simulaciones educativas como NeuroLab y PhET (Lichtenberg et al., 2020); la corrección de neuromitos (Dekker et al., 2012); y el desarrollo profesional docente (Hachem et al., 2022).

RQ3: ¿Cuáles son los resultados de las intervenciones basadas en la neurociencia en el rendimiento académico?

Se reportan efectos positivos en múltiples áreas: mejoras en competencia científica (Ghani et al., 2024), motivación intrínseca y logros en matemáticas y biología (Lagoudakis et al., 2022), comprensión y habilidades analíticas en química mediante simulaciones (Rakhmetova et al., 2024), incremento en el conocimiento de neurociencia (Miranda Feitosa et al., 2021), y fortalecimiento de la autoeficacia docente (Brick et al., 2021b). También se observa una mayor inclusión y mejora del bienestar emocional gracias a la alfabetización emocional (Immordino-Yang & Damasio, 2007).

RQ4: ¿Qué estrategias son más efectivas para enseñar habilidades y mejorar el rendimiento académico?

Las estrategias más efectivas incluyen: BBL (Amjad et al., 2023), educación emocional (Kamenická, 2021), programas de formación docente (Hachem et al., 2022), extensión científica como BrainWaves (Frey et al., 2021), corrección de neuromitos (Rato et al., 2013), gamificación y eModules (Buckley et al., 2022), uso de neurorobots (Harris et al., 2020), proyectos STEM con enfoque neurocientífico (Uden et al., 2023), EEG para optimizar tiempos de aprendizaje (Dikker et al., 2020), simulaciones interactivas como PhET (Lichtenberg et al., 2020), y enseñanza multimodal (Caballe, 2015). Todas estas estrategias muestran resultados en motivación, desempeño académico y comprensión conceptual.

Limitaciones

A pesar de los resultados positivos, existen limitaciones en la información subida. Muchas de las intervenciones mencionadas se han realizado en contextos específicos y con muestras limitadas, lo que puede no representar a toda la población estudiantil. Además, la implementación de estas estrategias puede requerir recursos y formación especializada que no todas las escuelas poseen. La variabilidad en la efectividad de las intervenciones también puede deberse a diferencias en la implementación y el contexto cultural.

Conclusiones

Las conclusiones del estudio sobre la aplicación de la neurociencia en la educación en colegios revelan que estas intervenciones han tenido un impacto significativo y positivo en el rendimiento académico de los estudiantes. Los resultados destacan mejoras en la competencia científica, con programas como SEFTY mostrando un aumento del 20.3%, y en áreas como matemáticas y biología, donde el Aprendizaje Basado en el Cerebro (BBL) ha demostrado ser particularmente efectivo. Estas estrategias no solo optimizan

la retención y comprensión de información, sino que también fomentan la motivación intrínseca de los estudiantes, incrementando su compromiso y desempeño académico.

Además del rendimiento académico, las intervenciones basadas en la neurociencia han mejorado las habilidades cognitivas y socioemocionales de los estudiantes. Programas como BrainWaves han fortalecido la autoeficacia y el conocimiento de contenido, especialmente entre grupos subrepresentados. Las técnicas de educación emocional han demostrado ser cruciales para la regulación emocional, contribuyendo a un entorno de aprendizaje más positivo y efectivo. La corrección de neuromitos también ha sido una intervención vital, mejorando la calidad educativa al eliminar conceptos erróneos y promover prácticas pedagógicas basadas en evidencia.

Las implicaciones de estos hallazgos son vastas. Para los educadores, proporcionan una base sólida para diseñar estrategias de enseñanza más efectivas y adaptativas, personalizadas para atender las necesidades individuales de los estudiantes. Las escuelas pueden utilizar estas prácticas para mejorar tanto el rendimiento académico como el bienestar emocional de los estudiantes, creando un ambiente de aprendizaje más inclusivo y motivador. La formación continua en neurociencia educativa para los docentes puede resultar en prácticas pedagógicas más informadas y efectivas, elevando la calidad de la educación en general.

No obstante, se identifican varias limitaciones en la información revisada. Muchas intervenciones se realizaron en contextos específicos y con muestras limitadas, lo que puede no ser representativo de toda la población estudiantil. La implementación de estas estrategias requiere recursos y formación especializada que no todas las escuelas pueden proporcionar. Además, la variabilidad en la efectividad de las intervenciones puede depender de factores como el contexto cultural y la fidelidad de la implementación. Futuros estudios deberían enfocarse en evaluar los efectos a largo plazo, adaptar las estrategias a diversos contextos culturales y socioeconómicos, y combinar varias intervenciones para un enfoque más holístico en la enseñanza basada en la neurociencia.

Referencias

- Aldemir, T., Davidesco, I., Kelly, S. M., Glaser, N., Kyle, A. M., Montrosse-Moorhead, B., & Lane, K. (2022). Investigating Students' Learning Experiences in a Neural Engineering Integrated STEM High School Curriculum. *Education Sciences*, 12(10), 705.
<https://doi.org/10.3390/educsci12100705>
- Amjad, A. I., Habib, M., Tabassum, U., Alvi, G. F., & Taseer, N. A. (2023). The Impact of Brain-Based Learning on Students Intrinsic Motivation to Learn and Perform in Mathematics: A Neuroscientific Study in School Psychology. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 1. <https://doi.org/10.26822/iejee.2023.318>
- Blondel, D. V., Sansone, A., Rosenberg, J. M., Godin, E. A., Yang, B. W., Jaglom-Kurtz, L. T., Linnenbrink-Garcia, L., & Schwartz-Bloom, R. D. (2019). Development of an Online Experiment Platform for High School Biology. *Journal of Formative Design in Learning*, 3(1), 62-81.
<https://doi.org/10.1007/s41686-019-00030-5>
- Bransford, John., National Research Council (U.S.). Committee on Developments in the Science of Learning., & National Research Council (U.S.). Committee on Learning Research and Educational Practice. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school* (p. 374). National Academy Press.
- Brick, K., Cooper, J. L., Mason, L., Faeflen, S., Monmia, J., & Dubinsky, J. M. (2021a). Tiered Neuroscience and Mental Health Professional Development in Liberia Improves Teacher Self-Efficacy, Self-Responsibility, and Motivation. *Frontiers in Human Neuroscience*, 15, 664730.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.664730>
- Brick, K., Cooper, J. L., Mason, L., Faeflen, S., Monmia, J., & Dubinsky, J. M. (2021b). Training-of-Trainers Neuroscience and Mental Health Teacher Education in Liberia Improves Self-Reported Support for Students. *Frontiers in Human Neuroscience*, 15, 653069.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.653069>
- Buckley, E., Monaco, J. D., Schultz, K. M., Chalmers, R. W., Hadzic, A., Zhang, K., Hwang, G. M., & Carr, M. D. (2022). An interdisciplinary approach to high school curriculum development: Swarming Powered by Neuroscience. *2022 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC)*, 1-8. <https://doi.org/10.1109/ISEC54952.2022.10025252>
- Caballe, S. (2015). Towards a Multi-modal Emotion-Awareness e-Learning System. *2015 International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems*, 280-287.
<https://doi.org/10.1109/INCoS.2015.88>
- Cherrier, S., Le Roux, P.-Y., Gerard, F.-M., Wattelez, G., & Galy, O. (2020). Impact of a neuroscience intervention (NeuroStratE) on the school performance of high school students: Academic achievement, self-knowledge and autonomy through a metacognitive approach. *Trends in Neuroscience and Education*, 18, 100125. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2020.100125>
- Dekker, S., Lee, N. C., Howard-Jones, P., & Jolles, J. (2012a). Neuromyths in Education: Prevalence and Predictors of Misconceptions among Teachers. *Frontiers in Psychology*, 3.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00429>
- Dekker, S., Lee, N. C., Howard-Jones, P., & Jolles, J. (2012b). Neuromyths in education: Prevalence and predictors of misconceptions among teachers. *Frontiers in Psychology*, 3(OCT).
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00429>
- Dikker, S., Haegens, S., Bevilacqua, D., Davidesco, I., Wan, L., Kaggen, L., McClintock, J., Chaloner, K., Ding, M., West, T., & Poeppel, D. (2020). Morning brain: Real-world neural evidence that high school class times matter. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 15(11), 1193-1202. <https://doi.org/10.1093/scan/nsaa142>

- Doukakis, S., & Alexopoulos, E. C. (2020). Knowledge Transformation and Distance Learning for Secondary Education Students—The Role of Educational Neuroscience. *2020 5th South-East Europe Design Automation, Computer Engineering, Computer Networks and Social Media Conference (SEEDA-CECNSM)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/SEEDA-CECNSM49515.2020.9221821>
- Doukakis, S., Niari, M., Malliou, E., Vlachou, S., & Filippakopoulou, E. (2022). Teaching Informatics to Adults of Vocational Schools during the Pandemic: Students' Views and the Role of Neuroeducation. *Information*, 13(6), 274. <https://doi.org/10.3390/info13060274>
- Doukakis, S., Sfyris, P., Niari, M., & Alexopoulos, E. (2021). Exploring Educational Practices in Emergency Remote Teaching. The Role of Educational Neuroscience. *2021 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 1026-1034. <https://doi.org/10.1109/EDUCON46332.2021.9454143>
- Draganski, B., Busch, V., & Bogdahn, U. (2004). *Neuroplasticity: Changes in grey matter induced by training*. www.nature.com/nature
- Espino-Díaz, L., Fernández-Caminero, G., Hernández-Lloret, C.-M., González-González, H., & Álvarez-Castillo, J.-L. (2021). Emotional Intelligence and Executive Functions in the Prediction of Prosocial Behavior in High School Students. An InterDisciplinary Approach between Neuroscience and Education. *Children*, 8(9), 759. <https://doi.org/10.3390/children8090759>
- Frey, J., Vo, Q., Kramer, J., Melnic, V., & Adcock, A. (2021). Impact of Early Introduction to the Neurosciences on West Virginia High School Students via the Brain Bee. *Medical Science Educator*, 31(5), 1601-1605. <https://doi.org/10.1007/s40670-021-01347-2>
- Ghani, N., Baker, H., Huntsinger, A., Chen, T., Familara, T. D., Itorralba, J. Y., Vanderford, F., Zhuang, X., Chang, C.-L., Vo, V., & Oh, E. C. (2024). Science Education for the Youth (SEFTY): A Neuroscience Outreach Program for High School Students in Southern Nevada during the COVID-19 Pandemic. *Eneuro*, 11(4), ENEURO.0039-24.2024. <https://doi.org/10.1523/ENEURO.0039-24.2024>
- Hachem, M., Daignault, K., & Wilcox, G. (2022). Impact of Educational Neuroscience Teacher Professional Development: Perceptions of School Personnel. *Frontiers in Education*, 7, 912827. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.912827>
- Harris, C. A., Guerri, L., Mircic, S., Reining, Z., Amorim, M., Jović, Đ., Wallace, W., DeBoer, J., & Gage, G. J. (2020). Neurorobotics Workshop for High School Students Promotes Competence and Confidence in Computational Neuroscience. *Frontiers in Neurorobotics*, 14, 6. <https://doi.org/10.3389/fnbot.2020.00006>
- Hermida, M. J., Segretin, M. S., Soni García, A., & Lipina, S. J. (2016a). Conceptions and misconceptions about neuroscience in preschool teachers: A study from Argentina. *Educational Research*, 58(4), 457-472. <https://doi.org/10.1080/00131881.2016.1238585>
- Hermida, M. J., Segretin, M. S., Soni García, A., & Lipina, S. J. (2016b). Conceptions and misconceptions about neuroscience in preschool teachers: A study from Argentina. *Educational Research*, 58(4), 457-472. <https://doi.org/10.1080/00131881.2016.1238585>
- Hruby, G. G. (2012). Three requirements for justifying an educational neuroscience. *British Journal of Educational Psychology*, 82(1), 1-23. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.2012.02068.x>
- Immordino-Yang, M. H., & Damasio, A. (2007). We Feel, Therefore We Learn: The Relevance of Affective and Social Neuroscience to Education. *Mind, Brain, and Education*, 1(1), 3-10. <https://doi.org/10.1111/j.1751-228x.2007.00004.x>
- Jeyavel, S., Pandey, V., Rajkumar, E., & Lakshmana, G. (2022). Neuromyths in Education: Prevalence Among South Indian School Teachers. *Frontiers in Education*, 7, 781735. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.781735>
- Kamenická, J. (2021). Apple Tree Model of Emotion-Involved Processing: Videos for Emotions and Foreign Language Learning. *Journal of Education Culture and Society*, 12(1), 103-116. <https://doi.org/10.15503/jecs2021.1.103.116>

- Kazanjian, C. J., & Rossatto, C. A. (2020). Critical Culturally Relevant Synergism in Higher Education: Equitable Educational Experiences Through Neuroscientific Curricula. En L. Parson & C. C. Ozaki (Eds.), *Teaching and Learning for Social Justice and Equity in Higher Education* (pp. 199-218). Springer International Publishing.
http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-44939-1_11
- Lagoudakis, N., Vlachos, F., Christidou, V., & Vavougios, D. (2022). The effectiveness of a teaching approach using brain-based learning elements on students' performance in a Biology course. *Cogent Education*, 9(1), 2158672. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2022.2158672>
- Lichtenberg, N. T., Thompson, A. B., Iguchi, M. Y., Evans, C. J., & Romero-Calderón, R. (2020). An Undergraduate Student-Led Neuroscience Outreach Program Shows Promise in Shifting Teen Attitudes About Drugs. *Mind, Brain, and Education*, 14(4), 387-399.
<https://doi.org/10.1111/mbe.12261>
- Martín-Martín, A., Orduna-Malea, E., Thelwall, M., & Delgado López-Cózar, E. (2018). Google Scholar, Web of Science, and Scopus: A systematic comparison of citations in 252 subject categories. *Journal of Informetrics*, 12(4), 1160-1177.
<https://doi.org/10.1016/j.joi.2018.09.002>
- Miranda Feitosa, L., Ferreira Alves, C., Ramalho Figueiredo, N., Leite Nascimento, W., Beatriz Adriano Da Silva, A., Rivera Ikeda, S., Shigaef, N., Maximino, C., & Lima-Maximino, M. (2021). Open Practical Laboratories in the Neurosciences: An outreach program for neuroscience communication in middle schools. *Journal of Neuroscience Research*, 99(6), 1504-1514.
<https://doi.org/10.1002/jnr.24800>
- Rakhmetova, A., Meirova, G., Balpanova, D., Baidullayeva, A., & Nurmakhanova, D. (2024). The use of elements of neuropedagogy in the creation of virtual simulators for in-depth study of chemistry in higher education. *Journal of Technology and Science Education*, 14(2), 473.
<https://doi.org/10.3926/jotse.2532>
- Yermakova, S., Ivanova, O., Horytska, O., Polishchuk, V., Polukhtovych, T., & Vivcharenko, T. (2023). Influence of the Neuro-Educational Environment on One's Socialization under Total Digitalization. *BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*, 14(4), 593-611. <https://doi.org/10.18662/brain/14.4/522>

