

Artículo de investigación

Ludyn Johana Arévalo Fonseca ^{1*}
<https://orcid.org/0000-0002-6485-1221>

Nidia Yaneth Torres Merchán ¹
<http://orcid.org/0000-0003-4813-6428>

Arnulfo Torres Peña ²
<https://orcid.org/0000-0002-8185-2314>

¹ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de Ciencias de la Educación. Grupo de investigación Waira. ludyn.arevalo@uptc.edu.co, nidia.torres@uptc.edu.co

² SUNY Brockport College. Nursing Department, Brockport NY USA. atorr4@brocckport.edu

* Autor de correspondencia: Ludyn Johana Arévalo Fonseca. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de Ciencias de la Educación. Calle 2E # 25-21, Sogamoso, Colombia; email: ludyn.arevalo@uptc.edu.co

Para citar este artículo:
Arévalo Fonseca, L. J., Torres Merchán, N. Y. y Torres Peña, A. (2022). Enseñanza del sistema nervioso y percepciones de los neuromitos en el profesorado. *Papeles*, 14(28), e1249. <https://doi.org/10.54104/papeles.v14n28.1272>

Enseñanza del sistema nervioso y percepciones de los neuromitos en el profesorado

Teaching of the Nervous System and Perceptions of Neuromyths in Teachers

<https://doi.org/10.54104/papeles.v14n28.1272>

Recibido: 23 de febrero 2022
Aprobado: 12 de julio de 2022
Publicado: 20 de octubre de 2022



Resumen

Introducción: la falta de articulación de las neurociencias a los procesos educativos dio origen a una serie de conceptos erróneos conocidos como neuromitos, falacias que pueden ser asumidas por desconocimiento formal crítico de la manera en que funciona el sistema nervioso. Este artículo se propuso describir, en primer lugar, aspectos de la enseñanza del sistema nervioso y las percepciones sobre los neuromitos que tienen docentes de Ciencias Naturales en educación básica. **Metodología:** para ello, se aplicó una encuesta en línea a 20 docentes de Ciencias Naturales que se desempeñan en la educación básica en el contexto colombiano. **Resultados y discusión:** se encontró que la mayoría de los docentes abordan los contenidos del sistema nervioso desde la exploración de saberes previos hasta el desarrollo de procesos complejos de la anatomía y la fisiología. Por otra parte, si bien la mayoría de los docentes no está de acuerdo con los neuromitos planteados, aún persisten: los periodos críticos, la dominancia hemisférica y el uso del 10 % del cerebro. En este sentido, se reconoce que la prevalencia de neuromitos en docentes puede tener repercusiones en procesos educativos y evidencia la brecha aún existente entre la neurociencia y la educación. **Conclusiones:** de acuerdo con lo anterior, es necesario que desde los programas de formación de docentes y las instituciones educativas se abran espacios de reflexión crítica que permitan a los docentes y directivos docentes acceder a información relacionada con los avances científicos y tecnológicos entre neurociencia y educación.

Palabras clave

Educación; formación docente; instrucción; neurología; sistema nervioso

Abstract

Introduction: The lack of articulation of neurosciences to educational processes gave rise to a series of misconceptions known as Neuro-myths, these fallacies can be assumed by critical formal ignorance of the way the nervous system works. This text intends to describe in the first place aspects of the teaching of the human nervous system and the perceptions about the neuromyths that Natural Sciences teachers have in basic education. **Methodology:** for this, an online survey was applied to 20 Natural Sciences teachers who work in Basic Education in the Colombian context. **Results and discussion:** It was found that most teachers address the contents of the nervous system from the exploration of previous knowledge to the development of complex processes of anatomy and physiology. On the other hand, although most teachers do not agree with the neuromyths raised, they still persist: critical periods, hemispheric dominance and the use of 10 % of the brain. In this sense, it is recognized that the prevalence of neuromyths in teachers

Keywords

Education; teacher training; instruction; neurology; nervous system

can have repercussions on educational processes and evidences the gap that still exists between neuroscience and education. **Conclusions:** According to the above, it is necessary that teacher training programs and educational institutions open spaces for critical reflection that allow teachers and teaching directors to access information related to scientific and technological advances between neuroscience and education.

1. Introducción

Son muchos los aportes de la neurociencia en las dos últimas décadas. Avances como el descubrimiento de la neurogénesis adulta (Martínez-Marcos et al., 2016) permitió romper con la idea que se tenía de la inmutabilidad del cerebro adulto, pues hasta la década de 1960 los científicos creían que cuando el cerebro alcanzaba la edad adulta las neuronas morían y jamás se volvían a regenerar; sin embargo, en la década de 1990, fue posible identificar la neurogénesis adulta en la zona subventricular del ventrículo lateral desde donde los neuroblastos migran al bulbo olfatorio y la capa subgranular del giro dentado para el recambio de las células granulares del hipocampo (Altman y Das, 1965; Nottebohm, 2010). Desde entonces los avances de este proceso se han centrado en la función de las neuronas primigenias y su relación con el aprendizaje y la memoria.

Un segundo desarrollo importante en el campo neurocientífico fue el descubrimiento de las neuronas espejo (Rizzolatti y Sinigaglia, 2007), el cual fue determinante para reconocer que el cerebro presenta áreas con divisiones, por ejemplo, la corteza motora se divide en corteza motora primaria y corteza premotora; por tanto, existe la corteza visual en la parte posterior del cerebro que indica que esta área maneja la vista, y la corteza motora en la parte frontal que se ocupa de los movimientos del cuerpo; sin embargo, tal división ha dado lugar a falsas expectativas sobre el funcionamiento del cerebro (Skoyles y Sagan, 2002). También Rizzolatti y Sinigaglia (2007) y García et al. (2011) han evidenciado la necesidad de

modificar la creencia de que el cerebro y el sistema nervioso son un cúmulo de partes separadas que cumplen funciones específicas dadas las divisiones de la corteza. “Las neuronas espejo son células relacionadas con la imitación, es decir, están activas cuando los individuos observan acciones concretas para las que están predeterminadas, sin generar ningún tipo de actividad motora” (Rizzolatti y Sinigaglia, 2007, p. 102); por ende, se les atribuye importancia en los procesos de aprendizaje simple, a través de la observación y la imitación que pueden ser aprovechados en la enseñanza (Burgos Zambrano y Cabrera Ávila, 2021).

La neuroplasticidad es otro de los desarrollos que ha generado la neurociencia en las últimas décadas. Purves et al. (2016), Tovar-Moll y Lent (2016) y Horta et al. (2019) describen algunos hallazgos realizados en la experiencia neurológica clínica y neuroquirúrgica que permitieron conocer la propiedad que tiene el cerebro para remodelarse funcionalmente. Desde entonces se ha logrado documentar el hecho de que el cerebro cambia cotidianamente en la vida de las personas según nuevas y renovadas experiencias de aprendizaje (Horta et al., 2019; Koizumi, 2003). Esta flexibilidad para memorizar y responder con nuevos aprendizajes se llama plasticidad y es posible gracias a la permanente construcción de circuitos neuronales y su modificación, como se ha demostrado experimentalmente (Tovar-Moll y Lent, 2017).

Tal como se pudo evidenciar, algunos avances neurocientíficos de relevancia para el campo educativo han permitido comprender de una manera más holística cómo se construye el

sistema nervioso, lo cual puede ser útil para hacer reflexiones críticas y científicas sobre la posibilidad de conectar neurociencia y educación (Amran et al., 2019; Barrios-Tao, 2016; Bueno i Torrens y Forés i Miravalles, 2018; Gago Galvagno y Elgier, 2018; Théodoridou et al., 2013; Thomas et al., 2018, Vargas-Vargas, 2018).

De acuerdo con lo anterior, se ha venido acrecentando el “interés de investigadores y docentes por vincular las neurociencias y la educación” (Jiménez-Pérez y Calzadilla, 2021, p. 2). En el siglo XX, los avances neurocientíficos fueron relevantes y la inversión en investigación en muchos países se centró en este campo, lo cual permitió el adelanto de investigaciones sobre el funcionamiento y desarrollo del sistema nervioso. De esta manera, se dio un gran impulso a la investigación en el área de las neurociencias para entender la función cerebral. Más adelante la neurociencia fue tomando una mayor importancia, ya que permitió llevar a cabo investigaciones sobre el desarrollo y las funciones biológicas del cerebro que se relacionan con emociones particulares y el procesamiento cognitivo, lo cual promueve el interés en la innovación, la investigación y las posibilidades de conectar neurociencia y educación. Forés (2018) y Meneses (2019) hacen hincapié en la necesidad de fomentar la ilusión y las ganas de aprender en los estudiantes, así como consideran que, si es posible conocer cómo aprende el cerebro humano, se pueden mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje para que estos sean más efectivos. Según estos estudios, se puede estimar que la aplicación de la neurociencia es necesaria para conocer cómo aprende el cerebro, determinar cuál es la influencia emocional y contextual, lo cual puede dar contribuciones significativas en el plano didáctico, que no es objeto de este estudio.

Al respecto, se ha fundamentado la articulación entre neurociencias y educación. Por ejemplo, Howard-Jones (2014), Thomas

En el siglo XX, los avances neurocientíficos fueron relevantes y la inversión en investigación en muchos países se centró en este campo, lo cual permitió el adelanto de investigaciones sobre el funcionamiento y desarrollo del sistema nervioso.

et al. (2018) y Amran et al. (2019) ilustran los marcos de la educación y neurociencia que se unen a través de diferentes perspectivas de aprendizaje, así como afirman que la aparición de la neuroeducación ha sido tendencia especialmente en la investigación educativa y contribuye a mejorar el aprendizaje y la enseñanza. La neurociencia se trata de comprender el cerebro biológico y los procesos mentales involucrados en el aprendizaje; por tanto, es importante reflexionar sobre cómo la educación está permeada por el estudio cerebral. De manera que la neurociencia educativa o, como se conoce comúnmente, la neuroeducación abre una importante posibilidad de mejorar y renovar prácticas educativas. En este sentido, se pretende dar cuenta de prácticas de enseñanza, por lo que nos centraremos en describir cómo los docentes han asumido la enseñanza del sistema nervioso, qué vinculación con las neurociencias hacen y cuál es su percepción frente a algunos neuromitos.

Nouri (2016) define la neuroeducación como una nueva visión de la enseñanza basada en el cerebro, donde se toman como ventajas los conocimientos sobre cómo funciona el cerebro integrados con la psicología, la sociología y la medicina, en un intento de mejorar y potenciar tanto los procesos de aprendizaje



y memoria en los estudiantes como los de enseñanza en los profesores. También Barrios-Tao (2016) afirma que los resultados de investigaciones neurocientíficas se convierten en una posibilidad para contribuir al mejoramiento de procesos educativos y a la solución de problemas relacionados con el aprendizaje. Y finalmente Vargas- Vargas (2018) hace una revisión sobre el impacto que las neurociencias han generado en las últimas décadas en diversos campos del conocimiento e indica que existe una brecha entre la educación y la neurociencias, pues, aunque cada vez se acumula gran evidencia experimental sobre las bases biológicas de las emociones y de los procesos cognitivos, son pocos los trabajos que muestran su extrapolación en procesos educativos; por ende, es importante efectuar reflexiones desde las prácticas de la enseñanza del sistema nervioso para vincular los avances neurocientíficos.

En el estudio realizado por Jiménez-Pérez et al. (2019) sobre neurociencia en la formación inicial de docentes, se aboga por la aprobación de disciplinas como neuroeducación, neurodidáctica y neuropedagogía

en la formación del docente. Dicho estudio demuestra que todavía es insuficiente el conocimiento que tienen los docentes con respecto a los contenidos de la neurociencia aplicables a la educación. Asimismo, se constataron las deficiencias del tratamiento de dichos contenidos en los actuales planes de estudio y programas de disciplinas, de ahí que se identifica como problema científico la necesidad de incluir el tratamiento de la neurociencia en el contenido de la formación inicial de docentes.

No obstante, los aportes de la neurociencia a la educación no se limitan a la manera de entender cómo aprende el cerebro humano, sino que también sus aportes permiten reconocer y contrastar áreas que abordan los niveles de conocimiento vigentes sobre el sistema nervioso desde diferentes perspectivas (Bullón Gallego, 2018). De acuerdo con esto, muchos avances en el campo de la neurociencia permiten dar un giro en la manera en que se ha venido entendiendo el sistema nervioso, ya que muchos de los conceptos que se manejaban se han modificado. Desde esta perspectiva, es necesario analizar el modo de abordar la enseñanza del sistema nervioso en las instituciones educativas, así como revisar qué lugar le dan los lineamientos curriculares a esta articulación entre neurociencia y educación, que en el caso colombiano se relaciona con su abordaje en los estándares de los grados de 6° a 9°, donde se indica el estudio de los procesos vitales y de organización de los seres vivos y se encuentra el conocimiento del sistema nervioso y el sistema endocrino como sistemas integradores del organismo (Ministerio de Educación Nacional [MinEducación], 2004).

Según lo anterior, los docentes de Ciencias Naturales enseñan a sus estudiantes los contenidos del sistema nervioso en el nivel de la educación básica secundaria. En estos cursos, se empieza con los contenidos sobre las células nerviosas, partes y funciones, por ejemplo, uno de los estándares para 6° y 7°

manifiesta: “explico la estructura de la célula y las funciones básicas de sus componentes”; continúan con el tejido nervioso, órganos y subsistemas con sus partes y funciones, como el encéfalo, partes y funciones, la médula espinal, partes y funciones, divisiones del sistema nervioso central y sus partes, sistema nervioso autónomo y sus partes, órganos de los sentidos, partes y funciones.

Si bien uno de los propósitos que se establecen en estos lineamientos curriculares está relacionado con la capacidad de valorar críticamente los descubrimientos y los avances de las ciencias, es evidente una brecha entre la educación y los avances científicos. En el caso de los aportes de las neurociencias y los contenidos de enseñanza del sistema nervioso, prueba de estos es la prevalencia de neuromitos (Barraza y Leiva, 2018; Varas-Genestier y Ferreira, 2017; Meneses Granados, 2019).

1.1 Neuromitos y educación

En la actualidad, un número creciente de estudiosos neurocientíficos han recurrido a las tecnologías modernas, como la imagen funcional por resonancia magnética (fMRI, por sus siglas en inglés), la tomografía de emisión de positrones (PET, por sus siglas en inglés) y la tomografía computarizada de emisión de fotón único (SPECT, por sus siglas en inglés) que permiten investigar la estructura y función del sistema nervioso y el cerebro (Forés et al., 2015; De Smedt, 2018).

Las evidencias obtenidas con estos métodos han permitido demostrar la existencia de muchas creencias falsas frente al funcionamiento del sistema nervioso y el cerebro, a estas falacias se les conoce como neuromitos. Los hallazgos presentan a los neuromitos como consecuencia de la falta de conocimiento científico, una brecha comunicativa entre científicos y docentes, y las fuentes de información de baja calidad consultadas por los docentes (Barraza y Leiva, 2018; Varas-Genestier y Ferreira, 2017). En la actualidad,

ha sido posible conocer más de 50 neuromitos (Meneses Granados, 2019) que prevalecen en las creencias comunes de las personas incluidos los docentes, algunos de los más comunes son estos: “el cerebro es una máquina”, “los dos hemisferios cerebrales trabajan por sí solos”, “la creatividad pertenece al hemisferio cerebral derecho”, “la racionalidad pertenece al hemisferio cerebral izquierdo”, “solo se usa el 10 % del cerebro”, “un neurotransmisor por sí solo define una emoción” o “existen periodos críticos para aprender (de los 0 a los 6 años)”. En este contexto, existen diversas investigaciones que aportan resultados importantes frente a la prevalencia de neuromitos en docentes. Así, estudios realizados en el Reino Unido y Holanda (Dekker, 2012; Karakus et al., 2015), Grecia (Deligiannidi y Howard- Jones, 2015) y China (Pei et al., 2016) reportan que la mayoría de los docentes encuestados creen fuertemente en neuromitos. Entre estos estudios cabe destacar la revisión sistemática de la persistencia de los neuromitos en el ámbito educativo (Torrijos-Muelas et al., 2021), la cual recopila los datos primarios en neuromitos desde una perspectiva temporal, desde 2012 hasta 2020. Esta revisión concluye que la creencia de neuromitos en docentes durante los últimos años existe y persiste, y que esto se debe probablemente a la elevada distancia entre la neurociencia y la educación, la falta de conocimiento entre los educadores sobre la ciencia y el cerebro y las dificultades para acceder a fuentes confiables sobre los últimos hallazgos.

De la misma manera, el estudio realizado con docentes latinoamericanos (México, Argentina, Perú, entre otros) de Varas-Genestier y Ferreira (2017) muestra resultados similares a los reportados en otras partes del mundo, el cual buscó evaluar la creencia en neuromitos entre 3451 profesores latinoamericanos. Se concluye que los profesores de América Latina tienen conceptos erróneos sobre la neurociencia, especialmente en lo que

Los autores plantean la necesidad de incluir de manera cuidadosa y selectiva material con fuentes científicas en la formación inicial de docentes que les permita hacer reflexiones críticas de las evidencias neurocientíficas disponibles.

se refiere a información sobre la estructura y el funcionamiento del cerebro humano (Gleichgerricht et al., 2015). En el caso colombiano, no fueron encontrados estudios sobre neuromitos, pero sí se destacan investigaciones de Vargas-Vargas (2018), Barrios-Tao (2016), Molina Valencia y Torres Merchán (2019), López Mayorga y Vargas Jaramillo (2021), las cuales hacen revisiones de las contribuciones de las neurociencias a la educación desde diferentes perspectivas, así como a los factores del entorno socio-cultural que influyen en el aprendizaje, las bases biológicas de las emociones, los procesos cognitivos y las contribuciones a los contextos de formación reglada; asimismo, estas revisiones también dan cuenta de las limitaciones y los alcances que esas contribuciones pueden llegar a tener en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En ese sentido, este estudio permite verificar que algunos de los resultados obtenidos en investigaciones previas sobre neuromitos en América Latina y otros lugares del mundo persisten.

Asimismo, en el trabajo realizado por Painemil et al. (2021), el cual replicó estudios de prevalencia de neuromitos en docentes en un grupo de 99 estudiantes de Pedagogía de Chile y España, fue posible identificar que, pese a las crecientes evidencias neurocientíficas acerca

del funcionamiento del sistema nervioso y su relación con la educación, en los docentes en formación prevalecen falsas creencias y se replican los resultados de investigaciones previas en ellos; por ende, persiste la brecha de conocimientos neurocientíficos en estos grupos. Al respecto, los autores plantean la necesidad de incluir de manera cuidadosa y selectiva material con fuentes científicas en la formación inicial de docentes que les permita hacer reflexiones críticas de las evidencias neurocientíficas disponibles.

De acuerdo con lo anterior, la existencia y el estudio de estos neuromitos permiten no solo hacer reflexiones sobre la necesidad de conectar la neurociencia y la educación (neuroeducación), sino también modificar las prácticas bajo las cuales se ha venido enseñando el sistema nervioso, ya que una gran cantidad de información relacionada con el funcionamiento de este que se manejaba se ha modificado. Por tanto, es necesario y relevante hacer una revisión de las percepciones que tienen algunos docentes de Ciencias Naturales de la educación básica (que corresponde a los cuatro años siguientes a la educación básica primaria, que para Colombia son los grados 6^o-9^o) frente a estos neuromitos y verificar su persistencia o no en las maneras en que los docentes abordan los contenidos del sistema nervioso en sus prácticas educativas.

Según lo anterior, se pretende responder a la siguiente pregunta: ¿cómo abordan la enseñanza del sistema nervioso y cuáles son las percepciones sobre los neuromitos en docentes de Ciencias Naturales en la educación básica?

2. Metodología

Este estudio se concibe desde la investigación cualitativa, asumida desde la perspectiva de Creswell (2009) y Denzin y Lincoln (1994) como un propósito interpretativo de

indagación para dar sentido a fenómenos respecto de los significados que las personas otorgan, que en este caso tiene como propósito reconocer formas de enseñanza del sistema nervioso e identificar las percepciones sobre los neuromitos en docentes de Ciencias Naturales en la educación básica. Para ello, se envió invitación a 100 docentes de Ciencias Naturales de Sogamoso (Boyacá) a través de diferentes medios de comunicación, como correo electrónico, redes sociales (Facebook y Twitter) y vía telefónica por medio de llamada o WhatsApp, Telegram, entre otros. De esta solicitud solo aceptaron participar 20 docentes de Ciencias Naturales, 12 mujeres y 8 hombres, quienes ejercen su profesión docente en instituciones educativas de carácter público y privado.

El estudio se realizó durante la pandemia de covid-19 y la gran mayoría de los docentes manifestaron no tener tiempo para contestar el formulario o no enviaron sus respuestas.

2.1 Instrumento

Para recolectar la información sobre las formas en que abordan el contenido de sistema nervioso en sus prácticas educativas y las percepciones de los docentes frente a algunos neuromitos, se empleó una encuesta en línea (anexo 1), dirigida a docentes de diferentes instituciones educativas de Sogamoso (Boyacá). El cuestionario presenta tres partes: la primera corresponde a aspectos sociodemográficos; la segunda contiene seis preguntas abiertas relacionadas con aspectos de la enseñanza del sistema nervioso, las metodologías que utilizan para enseñar el sistema nervioso y el uso de la analogía máquina-cerebro, y finalmente una tercera parte que corresponde a sus opiniones frente a cinco afirmaciones que pertenecen a neuromitos muy comunes en el conocimiento popular de las personas y que habitualmente están presentes en contextos educativos (Barraza y Leiva, 2018; Howard-Jones, 2011; Knoll et al., 2017;

Pallares-Domínguez, 2021). Este instrumento se sometió a validación externa por pares académicos y expertos, uno de ellos profesor de Anatomía y Fisiología, y otro profesor de Didáctica de las Ciencias, con experiencia profesional entre 5 y 10 años. En la tabla 1, se presenta el consolidado de las preguntas realizadas a los docentes, junto con la categoría con la que se relacionó y los criterios de categorización.

2.2 Análisis de datos

Debido a que las preguntas de la encuesta fueron todas abiertas, para su respectivo análisis se organizaron las respuestas por categorías, que fueron posteriormente procesadas en Excel, y se tabularon los datos. A fin de conocer la percepción frente a los neuromitos, se presentaron cinco neuromitos (Gleichgerrcht et al., 2015; Torrijos-Muelas et al., 2021) y se eligieron los cinco más prevalecientes en los docentes. Las categorías para cada uno de los neuromitos fueron organizadas en tres tópicos de respuesta: “de acuerdo”, si creían que el enunciado era correcto; “en desacuerdo”, si creían que el enunciado era incorrecto, y “no responde”, si dejaron la pregunta sin contestar. Para llevar a cabo el análisis y la presentación de los resultados obtenidos de esta parte de la encuesta, se utilizaron las técnicas de clasificación y categorización aplicadas a preguntas abiertas que fueron tomadas de los estudios realizados por Varas-Genestier y Ferreira (2017), Painemil et al. (2021) y Ruhaak y Cook (2018) para el tratamiento de datos en investigaciones a fin de identificar prevalencia de neuromitos en docentes. Estas técnicas consisten básicamente en separar y clasificar de manera individual las respuestas frente a las percepciones principales en subcategorías y grupos de categorías generales. Se automatizaron datos para cada pregunta y se graficaron en tablas de datos (gráficos de barras) los resultados obtenidos.

La tabla 1 presenta las dos categorías centrales de este estudio (las ideas de los docentes sobre la enseñanza del sistema nervioso y los neuromitos) y las respectivas preguntas junto con los criterios de categorización. Las preguntas y los neuromitos fueron considerados siguiendo los estudios de Gleichgerrcht et al. (2015) y Torrijos-Muelas et al. (2021). Se eligieron los cinco

neuromitos que con mayor frecuencia se presentan como aceptados y comunes entre los docentes, por lo que se quiso comprobar si esos resultados se replicaban para los docentes encuestados.

De acuerdo con lo anterior, se presenta a continuación la tabla 1 con las preguntas realizadas a los docentes, la categoría con la que se relacionó y los criterios de categorización.

Tabla 1. Preguntas del instrumento para conocer maneras de abordar el sistema nervioso y la prevalencia de Neuromitos

Categoría	Pregunta	Criterios de categorización
La enseñanza del sistema nervioso	1. ¿De qué manera aborda el tema del sistema nervioso en sus clases de Ciencias Naturales?	En la respuesta, el docente menciona en un orden jerárquico la manera en que enseña el sistema nervioso. Indica herramientas con las que hace introducción al tema. Menciona actividades de exploración de saberes previos. Indica que empieza con la importancia biológica del tema.
	2. ¿Las metodologías empleadas en la enseñanza de los contenidos de libros de texto para abordar el tema del sistema nervioso son adecuadas para los estudiantes de básica? ¿Por qué?	En la respuesta, el docente puede afirmar si son apropiadas o no, por ejemplo, da razones, como: <ul style="list-style-type: none"> • Son apropiadas porque cumplen con los estándares de aprendizaje. • Son apropiadas porque van de lo simple a lo complejo. • Son apropiadas porque se ajustan al contexto. • Son muy simples o muy complejas.
	3. ¿Sobre qué aspectos hace relevancia cuando aborda contenidos relacionados con el sistema nervioso?	Sobre anatomía y fisiología. Células, órganos y tejidos. Relación del sistema nervioso con otros sistemas. Enfermedades del sistema nervioso.
	4. ¿Muchos docentes usan las analogías del funcionamiento de un ordenador o una máquina con el cerebro. ¿Qué opinión le merece esta estrategia?	En la respuesta, el docente afirma que es apropiada porque el cerebro humano funciona igual que un computador. Apropriadamente porque facilita la enseñanza de la función de relación. Apropriadamente para explicar la capacidad de memoria. Inapropiadamente porque es reduccionista. Inapropiadamente porque el cerebro es más complejo.
A continuación, encontrará una serie de datos relacionados con el funcionamiento del sistema nervioso, que son muy populares en contextos de la cotidianidad. Por favor, escriba cuál es su opinión al respecto.		
Neuromitos	Cuando la neuroimagen se usó por primera vez en numerosos estudios a fines de la década de 1990, era común “ver” solo pequeñas áreas del cerebro iluminadas durante los experimentos, lo que llevó a afirmar que los seres humanos solo usan el 10 % del cerebro.	De acuerdo porque está demostrado, porque se realizan funciones ejecutivas. En desacuerdo porque es un mito, porque realizar cualquier actividad implica el 100 % del cerebro, porque ya fue descartado por la ciencia.
	Durante mucho tiempo se ha dicho que el hemisferio izquierdo del cerebro es lógico-analítico, y que el derecho es holístico y “global”; por ende, los dos hemisferios cerebrales cumplen funciones distintas y totalmente independientes.	De acuerdo porque cada hemisferio representa una función, porque los hemisferios están divididos para cumplir funciones independientes. En desacuerdo porque los hemisferios están conectados, porque están relacionados, porque se complementan.

Categoría	Pregunta	Criterios de categorización
	La reacción frente a un estímulo se produce de forma automática e involuntaria, como si el estímulo se hubiese reflejado, lo que genera la impresión de que cada estímulo tiene una sola respuesta, por ejemplo, cada objeto una imagen.	De acuerdo porque cada estímulo es único y su respuesta también, porque cada acción del cuerpo tiene una reacción, porque es automático. En desacuerdo porque el cerebro interpreta estímulos de forma relativa y no absoluta. Depende de la zona que se estimule. Depende del receptor.
	La plasticidad cerebral es mayor durante las etapas de desarrollo de la infancia y la adolescencia, por ejemplo, los 0 a los 3 años es un período crítico durante el cual la gran mayoría del aprendizaje ocurre y luego el desarrollo del cerebro se lentifica.	De acuerdo porque el aprendizaje más importante y significativo ocurre cuando el niño está entre los 0 a 3 años, porque es verdad y por eso debemos aprovechar los primeros 6 años de los niños, porque es cuando más se aprende. En desacuerdo porque el cerebro tiene plasticidad, porque se puede aprender en cualquier etapa de la vida, porque está demostrado.
	El cerebro del hombre es más grande que el de la mujer y, por tanto, la mujer es menos inteligente que el hombre.	De acuerdo porque al ser más grande puede guardar más información y ser más inteligente. En desacuerdo porque el tamaño no se relaciona con la capacidad intelectual, porque lo que determina la inteligencia es su integridad, porque tanto los hombres como las mujeres tienen la misma capacidad intelectual, porque la inteligencia no es algo medible con un examen de conocimiento y hay diferentes tipos de inteligencia.

Fuente: elaboración propia.

3. Resultados y discusión

Los resultados se presentan de acuerdo con las preguntas descritas en la tabla 1. La primera parte abordará los aspectos de la enseñanza del sistema nervioso y la segunda las percepciones sobre los neuromitos.

3.1 Enseñanza del sistema nervioso

Para analizar esta categoría, se consideraron los resultados de las siguientes preguntas:

- ¿De qué manera aborda el contenido del sistema nervioso en sus clases de Ciencias Naturales?
- ¿Las metodologías empleadas en los contenidos de los libros de texto para abordar el tema de sistema nervioso son adecuadas para los estudiantes de básica?
- ¿Sobre qué aspectos hace relevancia cuando aborda contenidos relacionados con el sistema nervioso?

El propósito de esta categoría fue reconocer maneras de enseñanza y aspectos metodológicos de los docentes participantes, para abordar los contenidos relacionados con el sistema nervioso en sus prácticas pedagógicas, así como conocer sus percepciones frente a las metodologías presentes en los libros de texto más usados por ellos, con el fin de determinar las posibles relaciones que se pueden presentar entre los docentes y los libros de texto. De igual manera, se buscó identificar si los docentes incluyen contenidos de neurociencia en el abordaje de la enseñanza del sistema nervioso.

Pregunta: ¿De qué manera aborda el contenido de sistema nervioso en sus clases de Ciencias Naturales?

En la figura 1, se muestran los resultados obtenidos para esta pregunta. Se destaca que los docentes abordan los contenidos relacionados con el sistema nervioso desde las concepciones previas que tienen los

estudiantes sobre el tema. La mayoría lo hacen en orden jerárquico a partir de conceptos básicos de las células nerviosas, tales como partes de la neurona, hasta el desarrollo de procesos complejos de la anatomía y fisiología del sistema nervioso, como sinapsis. Ejemplo de lo anterior se evidencia en las siguientes respuestas de docentes (D):

D1: “Exploración de saberes previos, lecturas, actividades que refuerzan los conceptos propios de las ciencias naturales (videos, juegos de rol, exposiciones, entre otros), prácticas sobre disección con el cerebro del cerdo, un ave y de un sapo. Posteriormente trabajó con método científico, tareas exploratorias, conclusión del aprendizaje por modelo colaborativo y examen por competencia en ciencia naturales”.

D2: “Explorando los conceptos que tengan los estudiantes frente al tema, abordando el tema nuevo para ellos, de acuerdo con lo planteado por las cartillas, si el concepto o las actividades están descontextualizadas, como profesor propongo otras actividades”.

Las siguientes respuestas muestran cómo los docentes dan ejemplos concretos de abordaje de conceptos desde lo más sencillo del contenido hasta lo más complejo.

D4: “Realizo una introducción del tema, luego profundizo en los conceptos, proyecto un video, aplico un taller y evalúo”.

D6: “De procesos micro a macro, comenzando por las células nerviosas”.

D13: “Lo abordo desde la parte de la vida cotidiana, colocando ejemplos para desarrollar principalmente la función de relación: estímulos, proceso, respuesta; luego se nombran y diferencian los tipos de sistema nervioso y se realizan actividades prácticas para trabajar los sentidos”.

Estas respuestas dejan ver la característica de secuenciación de la enseñanza,

de manera general se da en explicación del tema, práctica experimental y evaluación. También se evidencia cómo los docentes asumen el tema dentro de los lineamientos curriculares del MinEducación. Al respecto, es importante resaltar que, si bien los estándares definen en cierta medida cuáles contenidos deben aprender los estudiantes durante el grado escolar, la responsabilidad de seleccionar los contenidos curriculares y propiciar el desarrollo de actitudes que favorezcan el desarrollo del pensamiento científico y crítico es del profesor. En este sentido, al revisar los estándares, se puede inferir que en los Estándares básicos de competencias en ciencias naturales y ciencias sociales (MinEducación, 2004), se abordan en general temas en los que puede estar implícita la enseñanza de los contenidos del sistema nervioso, como estructura y funciones de las células (neuronas), clasificación de organismos, de acuerdo con sus estructuras celulares y de órganos, comparación de sistemas de órganos, explicación de funciones de coordinación y relación, indagación y explicación de avances científicos y tecnológicos, reconocimiento de ventajas y desventajas de avances científicos y tecnológicos; por tanto, está en manos del docente la selección de estrategias y metodologías para el abordaje de tales contenidos. Según lo anterior, es importante resaltar que debe existir una apropiación de los lineamientos curriculares y los estándares básicos de aprendizaje por parte de los docentes de Ciencias Naturales, que les permita seleccionar los contenidos del sistema nervioso a enseñar y hacer construcciones pedagógicas y didácticas que los lleven a incluir los avances neurocientíficos en tales contenidos, para brindar a sus estudiantes una enseñanza de estos que sea más holística, interdisciplinar, actualizada y que propenda al desarrollo de las habilidades y competencias propias de las ciencias y de la investigación.



Figura 1. Diagrama de barras para la pregunta: ¿De qué manera aborda el tema de sistema nervioso en sus clases de Ciencias Naturales? Fuente: elaboración propia.

Pregunta: ¿Las metodologías empleadas en los contenidos de los libros de texto para abordar el tema del sistema nervioso son adecuadas para los estudiantes de básica? ¿Argumente su respuesta?

En la figura 2, se destaca que 12 de los docentes encuentran adecuadas las metodologías que los textos plantean y cumplen con los estándares básicos de aprendizaje, los temas vienen ordenados, usan metodologías inductivas, de lo general a lo particular, y son didácticas. Por otra parte, ocho profesores manifiestan que estas metodologías no son adecuadas para los estudiantes porque se centran en conceptos básicos y no profundizan en su importancia, no consideran el contexto de los estudiantes, no son acordes con las competencias que evalúa el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (Icfes) y algunos textos usan un lenguaje muy complejo y difícil de entender para los estudiantes. Algunas de las respuestas son:

D7: “Sí, son adecuadas, ya que cumple con el propósito de brindar de manera directa la información al estudiante”.

D4: “Sí, las cartillas del Ministerio de Educación Nacional utilizadas propenden a la construcción del conocimiento de manera autónoma, siendo protagonistas los estudiantes y el contexto en el cual ellos están viviendo”.

D5: “Sí, ya que son inductivas, pues se comienza desde particularidades para llegar a generalidades”.

D 11: “Sí, están acordes con los derechos básicos de aprendizaje (DBA)”.

D 12: “Sí, inicia desde lo más simple que es una célula hasta lo más complejo que es un órgano”. Frente a los docentes que manifiestan desacuerdo con las metodologías de los textos se muestran:

D1: “No, pues muchos se centran en solo los conceptos de ciencias naturales y los que proponen prácticas tienen un lenguaje muy elevado. Además, los chicos consultan más por internet o videos educativos”.

D8. “No son acordes los libros que facilita el Gobierno con los derechos básicos de aprendizaje (DBA), de acuerdo con el curso y mucho menos con los aprendizajes y competencias evaluados por el Icfes, el nivel de complejidad no tiene coherencia entre la teoría y la evaluación de estos exámenes”.

Según lo anterior, fue posible identificar que la mayoría de los docentes están de acuerdo con las metodologías que plantean los libros de texto, ya que indican que presentan los contenidos que deben enseñarse para cada uno de los grados acorde con los estándares mínimos y las competencias en ciencias naturales. De igual manera, traen metodologías aptas para el estudio, porque manejan los contenidos de forma secuencial y graduada. Asimismo, los libros y las cartillas proporcionados por el MinEducación atienden a criterios relacionados con la coherencia entre los contenidos y los estándares de ciencias naturales, los lineamientos curriculares y aquellos textos que son propuestos bajo la metodología de

posprimaria y secundaria. También algunos docentes complementan los procesos de enseñanza con el uso de otros textos, que fortalecen y profundizan los contenidos que deben abordar de acuerdo con el currículo prescrito. Del mismo modo, cuando se analizaron los contenidos de los libros de texto que utilizan los docentes encuestados, se logró evidenciar que en la mayoría de estos los contenidos del sistema nervioso se presentan de manera independiente y no se relacionan entre sí o con otros sistemas del organismo salvo con el sistema endócrino. Esto es importante para el aprendizaje de tales contenidos, pues, si no se plantean relaciones entre diferentes órganos y sistemas del cuerpo humano, los estudiantes pueden hacer interpretaciones alejadas de la realidad, ya que pueden desarrollar concepciones alternativas de su propia interpretación (Dikmenli et al., 2009). Estos resultados coinciden con los obtenidos en las encuestas realizadas a los docentes cuando se les indagó las maneras en que abordan los contenidos del sistema nervioso, ya que según esos resultados ocho de los 20 docentes abordan estos contenidos siguiendo secuencias que se realizan en pasos concretos, así: explicación, puesta en práctica (aplicación de guías, secuencias didácticas, talleres de lápiz y papel y, en pocas ocasiones, prácticas de laboratorio o experimentales) y evaluación.

También se encontró que la mayoría de los docentes abordan estos contenidos como partes y funciones de sistemas y subsistemas separadas, lo cual puede reforzar en los estudiantes la idea de que el cuerpo es un agregado de partes que funcionan de manera independiente (figura 2).

Pregunta: ¿Sobre qué aspectos hace relevancia cuando aborda contenidos relacionados con el sistema nervioso?

En la figura 3, se indican los aspectos más comunes bajo las cuales los docentes encuestados hacen énfasis cuando abordan los



Figura 2. Diagrama de barras para la pregunta: ¿Las metodologías empleadas en los contenidos de los libros de texto para abordar el tema del sistema nervioso son adecuadas para los estudiantes de básica? ¿Por qué? Fuente: elaboración propia.

contenidos del sistema nervioso en sus clases y prácticas educativas. Al respecto, se pueden mencionar algunas de las respuestas de las tres categorías presentadas en la figura 3:

Ejemplo de categoría de cuidados del sistema nervioso:

D12: “Lo abordo desde la parte de la vida cotidiana, colocando ejemplos para desarrollar principalmente la función de relación: estímulos, proceso, respuesta. También se abordan las enfermedades del sistema nervioso y los cuidados que se deben tener para este sistema”.

Ejemplo de categoría de relación con otros sistemas:

D16: “A partir de la relación fisiología, anatomía del sistema nervioso con el sistema endocrino, el circulatorio y el óseo-muscular, también con el efecto de las sustancias psicoactivas”.

Ejemplo de categoría de anatomía y fisiología.

D20: “Sobre la estructura, sobre conformación y funcionamiento del encéfalo, sobre la estructura y el funcionamiento de las neuronas como unidades estructurales

y funcionales del tejido nervioso, de cómo estas células tienen la capacidad de elaborar una respuesta adecuada ante un estímulo, de cómo hacen sinapsis para transmitir la información, de qué forma la almacenan”.

Frente a este tópico, se observa cómo algunos docentes manifiestan la importancia de enseñar a los estudiantes los cuidados que se deben considerar para mantener en óptimas condiciones el sistema nervioso, así como la necesidad de comprender las diferentes relaciones que se presentan entre el sistema nervioso y otras funciones biológicas, lo cual contribuye a que los estudiantes logren una interpretación del cuerpo humano como un sistema global. Asimismo, acercar a los estudiantes a la importancia de proteger y cuidar el sistema nervioso les facilita la construcción de modelos a partir de ideas que les permite explicar teóricamente un fenómeno (Gómez Galindo, 2014), por ejemplo, exponer las razones por las cuales consumir sustancias psicoactivas puede dañar su sistema nervioso y otros sistemas del organismo. Esta perspectiva asegura una enseñanza de la biología de manera integral para establecer relaciones entre células,

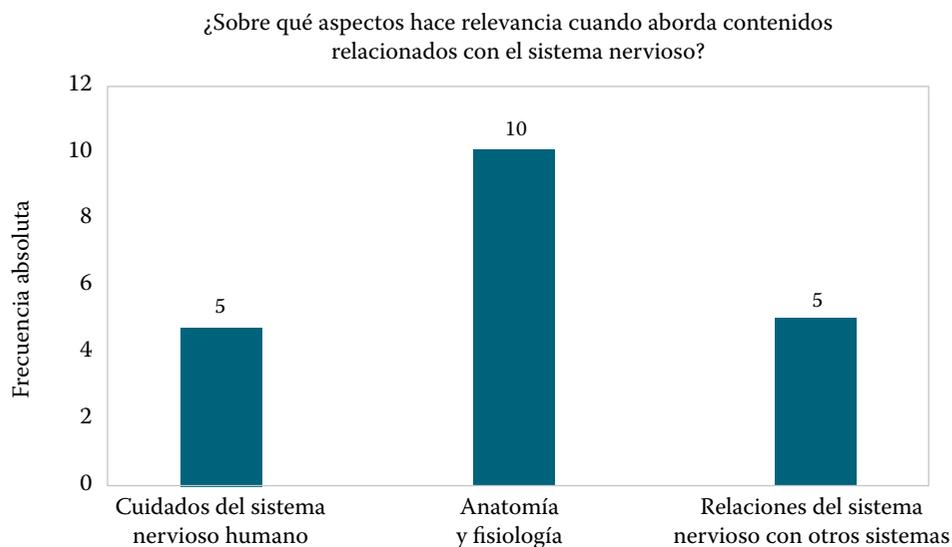


Figura 3. Diagrama de barras para la pregunta: ¿Sobre qué aspectos hace relevancia cuando aborda contenidos relacionados con el sistema nervioso? Fuente: elaboración propia.

órganos y sistemas de todo el cuerpo humano, y no partes aisladas con funciones específicas, lo cual puede generar una comprensión del cuerpo como un cúmulo de partes que funcionan de manera independiente y que no se relacionan salvo en algunas situaciones o bajo algunas condiciones.

De la misma manera, las respuestas de los docentes manifiestan en la enseñanza del sistema nervioso una orientación funcionalista y estructural, lo cual deja de lado las reflexiones propias de la neurociencia, aspecto que puede aportar a un mayor conocimiento general sobre el cerebro, por lo cual se evidencia una falta de articulación entre enseñanza y neurociencias. En este sentido, las respuestas de la mayoría de los docentes tienen una tendencia a reproducir la enseñanza del sistema nervioso en educación básica de forma funcionalista, por ejemplo, la del sistema nervioso en partes y funciones; estos aspectos están muy presentes en las propuestas curriculares (Gómez Galindo, 2014) (figura 3).

Las respuestas de los docentes manifiestan en la enseñanza del sistema nervioso una orientación funcionalista y estructural, lo cual deja de lado las reflexiones propias de la neurociencia, aspecto que puede aportar a un mayor conocimiento general sobre el cerebro, por lo cual se evidencia una falta de articulación entre enseñanza y neurociencias.

Pregunta: Muchos docentes usan las analogías del funcionamiento de un ordenador o una máquina con el del cerebro. ¿Qué opinión le merece esta estrategia?

Frente a esta pregunta la mayoría de los docentes (14) manifiestan que esta analogía es muy adecuada para explicar el funcionamiento del sistema nervioso, ya que según ellos el encéfalo humano trabaja como un procesador, recibe información del medio externo (por lo que se olvida que el encéfalo también recibe información del interior), procesa esa información, elabora una respuesta (como si un estímulo produjera solo un tipo de respuesta), ignora, por ejemplo, la sinestesia que “es un fenómeno neurológico que aparece cuando la estimulación de una vía sensorial o cognitiva produce una experiencia asociada en una segunda vía que no ha sido estimulada directamente” (Melero Carrasco, 2015) y envía esa respuesta al exterior nuevamente (no se consideran las respuestas internas). Además, se hace énfasis en la similitud del cerebro para almacenar información tal como lo hace una computadora.

Al respecto, se muestran algunas de las respuestas de los docentes:

D11: “Sí, se hace la analogía, ya que el cerebro tiene la capacidad de ordenar la información y clasificarla, como se hace con un computador, sin embargo, se deja claro que nuestro procesador (cerebro) es más amplio, ya que podemos realizar varias funciones a la vez y retener más información”.

D13: “Yo personalmente también uso esta analogía porque la considero apropiada, ya que facilita el aprendizaje”.

D17: “Pues el cerebro es una máquina que inicia desde lo más sencillo y va haciéndose más complejo”.

D18: “Sí, se hace esta analogía porque la funcionalidad tanto del uno como del otro

tienen muchas similitudes como la memoria y el procesamiento de información”.

Estos resultados dejan en evidencia que aún está muy presente en los docentes la creencia de que el cerebro humano funciona como una máquina u ordenador y que emplean estas analogías para la enseñanza del funcionamiento del cerebro. Frente a esta, se ha identificado que en algunos libros de texto de ciencias existen numerosas referencias al modelo ordenador, criticado actualmente desde la neurobiología y las ciencias cognitivas. Jiménez Valladares et al. (1997) encontraron en algunos libros de texto enunciados muy similares a los que proporcionaron los docentes, por ejemplo, recibir la información que existe en el exterior, procesarla y elaborar respuestas, utilizando, además, el lenguaje de la informática: “El sistema nervioso es una central capaz de procesar miles de datos por segundo”, “Tu cerebro es como un ordenador, recibe mensajes que llevan los nervios desde todo el cuerpo y la médula espinal”.

De acuerdo con lo anterior, comparar analógicamente el cerebro con una máquina u ordenador no es conveniente, ya que se puede dar a los estudiantes la idea de que el sistema nervioso es algo simple que solo recibe información del medio, la procesa y elabora respuestas, ignorando la complejidad de este sistema y la importancia de lo humano tanto en el contexto biológico como social, pues se podría generar la creencia de que los seres humanos pueden o podrían ser reemplazados por las máquinas. Además, se niega la importancia de las diferencias existentes entre seres humanos, pues, aunque todos tienen similitudes genéticas y en sus capacidades de adaptación, resistencia e interacción, tanto con el medio como con otros individuos de su especie, todos pueden responder de maneras distintas frente al medio (Jiménez Valladares et al., 1997).

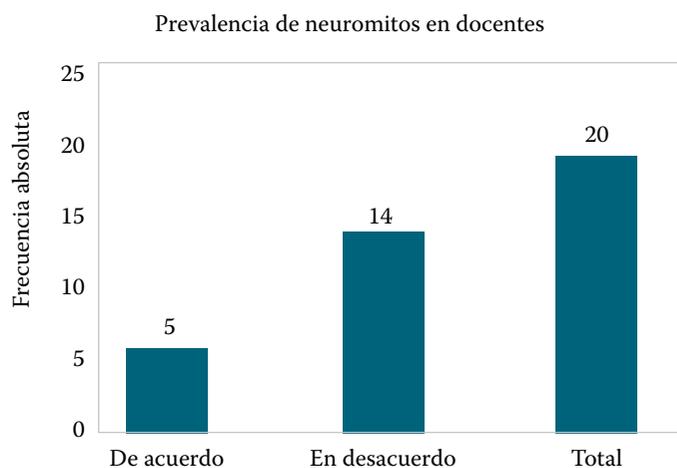


Figura 4. Neuromitos en docentes encuestados Fuente: elaboración propia.

3.2 Neuromitos en docentes de Ciencias Naturales

Para analizar esta categoría, se consideraron los resultados de las opiniones dadas por los docentes con respecto a cinco afirmaciones presentadas, las cuales corresponden a neuromitos muy comunes entre las personas. Cabe resaltar que en ninguna parte se mencionó el término neuromito. La otra pregunta buscó identificar las opiniones de los docentes frente a la analogía máquina-cerebro, la cual es comúnmente utilizada por ellos cuando abordan los contenidos del sistema nervioso.

La figura 4 muestra que cinco de los docentes aún creen en algunos de los cinco neuromitos planteados, pues en sus respuestas manifiestan estar de acuerdo o aceptar como verídicas las afirmaciones indicadas.

En la tabla 2, se muestran los resultados de percepciones por cada neuromito. Los neuromitos más aceptados por los docentes fueron estos: a) existen periodos críticos para el aprendizaje (70 %), b) hay dominancia hemisférica y cada hemisferio funciona de manera independiente (30 %) y c) solo se usa el 10 % del cerebro (25 %).

Tabla 2. Neuromitos elegidos para identificar la percepción en los docentes

Neuromito	De acuerdo (%)	En desacuerdo (%)	No responde (%)
<i>Cuando</i> la neuroimagen se usó por primera vez en numerosos estudios a fines de la década de 1990, era común “ver” solo pequeñas áreas del cerebro iluminadas durante los experimentos, lo cual llevó a afirmar que los seres humanos solo usan el 10 % del cerebro.	25	70	5
<i>Durante</i> mucho tiempo se ha dicho que el hemisferio izquierdo del cerebro es lógico-analítico, y que el derecho es holístico y “global”; por ende, los dos hemisferios cerebrales cumplen funciones distintas y totalmente independientes.	30	70	0
<i>La reacción</i> frente a un estímulo se produce de forma automática e involuntaria, como si el estímulo se hubiese reflejado, lo cual genera la impresión de que cada estímulo tiene una sola respuesta, por ejemplo, cada objeto una imagen.	10	70	20
<i>La plasticidad</i> cerebral es mayor durante las etapas de desarrollo de la infancia y la adolescencia, por ejemplo, los 0 a los 3 años es un periodo crítico durante el cual la gran mayoría del aprendizaje ocurre y luego el desarrollo del cerebro se lentifica.	70	30	0
<i>El cerebro</i> del hombre es más grande que el de la mujer y, por tanto, la mujer es menos inteligente que el hombre.	5	95	0

Fuente: elaboración propia.

Con respecto a la prevalencia de neuromitos en los docentes, cabe resaltar algunas de las respuestas mencionadas.

3.3 Neuromito 1 (N1)

Frente a este neuromito resaltan los docentes respuestas de:

D6: “Es un mito. Deberíamos preguntarnos de qué? Será de las regiones la actividad, es fácil de refutar con una resonancia magnética funcional. El solo hecho de respirar activa mucho más que la décima parte del cerebro”.

D8: “No me parece coherente con la información que debe enviar al cuerpo y su importancia para su funcionamiento”.

D12: “Ya que solo se pudieron ver pequeñas áreas se llegó a esa conclusión; sin embargo, el ser humano hace uso del 100 % de acuerdo con los avances en neurociencia”.

Según lo anterior, se puede notar que los docentes en su mayoría descartan esta afirmación y que están informados sobre avances neurocientíficos que han permitido declararla como un neuromito (Alferink y Farmer-Dougan, 2010; Deligiannidi & Howard-Jones, 2015; Dekker, 2012). Sin embargo, en algunos docentes prevalece la creencia en esta falacia, tal como lo muestran algunas de sus respuestas.

D18: “Era una hipótesis que ha venido transformándose y se están afirmando estudios que pueden corroborar esta afirmación”.

D20: “Es solo el 10 % que utilizamos, teniendo en cuenta que realizamos funciones ejecutivas, todo lo que implica el aprendizaje-memoria”.

D4 y D8: “Dicen que es una excelente propuesta y que es verdadera”.

Si bien es cierto que la gran mayoría de los docentes reconoce el uso del 10 % del cerebro

como un mito, aún hay docentes que creen en él, quienes podrían seguir enseñándolo a sus estudiantes y generar concepciones erróneas sobre el funcionamiento del cerebro y su capacidad neuroplástica o contribuir a transmitir ideas simplistas de una realidad compleja.

3.4 Neuromito 2 (N2)

En cuanto a la creencia de la dominancia hemisférica, se encontró que, si bien la mayoría de los docentes ya reconocen que esta afirmación es un neuromito, al igual que en el N1 algunos docentes aún aseguran que los hemisferios tienen funciones completamente independientes y que están claramente divididos. Tal como lo afirma:

D13: “Es verdad, ya que nuestros hemisferios están claramente divididos en sus funciones”.

D18: “Es así como se concibe actualmente”.

D20: “Correcto, ya que en toda la literatura se ha dicho que nuestros hemisferios están claramente separados en sus funciones”.

Las respuestas de los docentes frente a este neuromito son relevantes. Como se evidencia en la tabla 3, la mayoría de ellos no estuvo de acuerdo con la afirmación sobre la dominancia hemisférica, lo cual no coincide con estudios previos sobre prevalencia de neuromitos (Gleichgerrcht et al., 2015; Ruhaak y Cook, 2018; Painemil et al., 2021; Torrijos-Muelas et al., 2021). Esto puede deberse a que, si bien aún existe una brecha entre neurociencia y educación, los docentes ya han tenido acercamientos con la neurociencia, pues reconocen que es un neuromito y que existe evidencia científica que lo demuestra, la cual se basa en los estudios anatómicos y fisiológicos del cuerpo calloso que mantiene unidos a los dos hemisferios y que permitieron reconocer que el cerebro tiene una gran capacidad de adaptarse a los retos, y cada hemisferio es capaz de “aprender” a llevar a cabo funciones realizadas por partes del hemisferio opuesto

si estas regiones quedan dañadas (Regader, 2015). Por tanto, se puede decir que cada persona tiene un cerebro con dos mentes conectadas e integradas, el cuerpo calloso y miles de fibras nerviosas que unen ambos hemisferios, por lo que para poder realizar alguna tarea se requiere usar los dos hemisferios (Romero Urréa, 2015). Así que de acuerdo con esto ya no sería correcto seguir creyendo y enseñando que los hemisferios cerebrales cumplen funciones específicas y de manera independiente.

Con respecto a este neuromito, se sabe que surgió de la creencia de que algunos aspectos relacionados con el conocimiento serían funciones de un hemisferio cerebral particular (por ejemplo, cálculo en el hemisferio izquierdo, creatividad en el hemisferio derecho). Los avances en neurociencia han logrado desmentir esta falsa creencia, pues las funciones cognitivas como el cálculo o la creatividad no presentan representaciones exclusivas de uno u otro hemisferio cerebral, sino que requieren en realidad la integración e interacción de los dos hemisferios (Beaty, 2016; Ferrero et al., 2016; Kober et al., 2008; Tzourio-Mazoyer, 2018; Varela et al., 2001).

3.5 Neuromito 3 (N3)

De igual manera que en los neuromitos anteriores, en este la mayoría de los docentes confirman su no aceptación, es decir, reconocen que es un neuromito; sin embargo, en las respuestas de los docentes se evidencian algunas ambigüedades, por ejemplo, mientras algunos dicen que “Esta afirmación es lógica ya que cada acción del cuerpo tiene una reacción, en ocasiones de manera involuntaria”, otros afirman que “El impulso nervioso viaja a través del axón y este se desplaza por su terminal hasta llegar a la siguiente célula nerviosa”; esto es, confunden estímulo con impulso nervioso. También se percibe que conciben el funcionamiento del sistema nervioso como una reacción a una

excitación proveniente del exterior, lo cual da la impresión de que la información está en el exterior del organismo que puede recibirla y conducirla hacia una determinada acción. En algunas de las respuestas de los docentes, se interpreta que cada estímulo tiene una sola respuesta sin considerar la posibilidad de que un mismo estímulo provoque diferentes respuestas. Al respecto:

D5: “El cerebro no interpreta los estímulos de manera absoluta, sino relativa; por ende, los estímulos no tienen una sola respuesta, el cerebro reacciona a los estímulos que se diferencian uno del otro”.

D12: “Sí, es automático e involuntario; sin embargo, no se puede definir si solo tiene una respuesta, eso depende del estímulo, por ejemplo, cuando nos pinchamos un dedo, puede pasar un corrientazo, acompañado de temor y sudoración”.

Al respecto y de acuerdo con los avances en neurociencia, en la actualidad es posible identificar que “existen grandes posibilidades de que un mismo estímulo provoque diferentes respuestas” (Jiménez Valladares et al., 1997, p. 5). Por tanto, este concepto relacionado con las funciones de los neurotransmisores y su relación con los estímulos también debe ser modificado y actualizado en la enseñanza del sistema nervioso.

D14: “En algunos casos sí, sobre todo cuando son estímulos que alertan de un peligro, solemos reaccionar siempre con la misma ruta, pero si son otros estímulos no, por ejemplo, el oler un perfume, para alguno parece delicioso, a otros no, por lo que no genera las mismas respuestas, pero la ruta de la señal es igual”.

D19: “Las respuestas generadas por el sistema nervioso central son elaboradas y ejecutadas de forma rápida ante un estímulo, estas respuestas son voluntarias, conscientes y manejadas por la voluntad, son ejecutadas por los órganos efectores”.

En las afirmaciones anteriores, es posible inferir que los docentes tienen una concepción de estímulo que se relaciona con “causas físicas que producen reacciones mecánicas, que pueden ser voluntarias e involuntarias y que son específicas, es decir, un estímulo, una respuesta” (Yela, 1996, p. 90). Sin embargo, en la actualidad ha sido posible determinar que un estímulo puede generar varias respuestas, pues estas dependen del medio en el que se encuentre el organismo, y para el caso de los seres humanos, que son organismos abiertos, los medios biológicos son indefinidos, por ende, las respuestas a los estímulos también podrían serlo.

3.6 Neuromito 4 (N4)

Este es uno de los neuromitos más aceptados por los docentes encuestados. Ante esta afirmación cabe resaltar algunas respuestas dadas por los docentes.

D8: “El aprendizaje más importante y significativo es cuando el niño está entre los 0 a 3 años, ya que adquiere conocimientos y acciones de observación”.

D12: “La plasticidad cerebral es una función del sistema nervioso, que le da la habilidad de cambiar su funcionalidad y estructura en respuesta a cambios externos e internos; por tanto, los niños de 0 a 3 años están en



continuo aprendizaje, y cada individuo tiene su propio ritmo, muchos no recordamos cosas que hacíamos o que nos decían en la edad de 0 a 3 años”.

D13: “Es verdad, por eso, debemos aprovechar los primeros 6 años de los niños”.

D18: “El ser humano tiene un periodo de tiempo en que su capacidad de aprendizaje es mayor, algunos afirman que se da entre los 0 a 8 años de edad, pero también se sabe que la neuroplasticidad del cerebro le permite al ser humano seguir aprendiendo, lo que le posibilita adaptarse a las necesidades y condiciones de cada individuo; hoy también se sabe que las neuronas sí se reproducen”.

D20: “De 0 a 5 es la etapa primordial para preparar el cerebro y sus funciones motoras básicas para el aprendizaje”.

Según las anteriores respuestas, se puede deducir que la mayoría de los docentes creen en los periodos críticos para el aprendizaje, aunque algunos ya tienen nociones sobre la neuroplasticidad. Al respecto, Horta Rivero et al. (2019), Koizumi (2003), Purves et al. (2016) y Tovar-Moll y Lent (2017) describen algunos hallazgos realizados en la experiencia neurológica clínica y neuroquirúrgica que permitieron conocer la propiedad que tiene el cerebro para remodelarse funcionalmente. Desde entonces se ha logrado documentar el hecho de que el cerebro cambia cotidianamente de manera significativa en la vida de las personas según nuevas y renovadas experiencias de aprendizaje. Esto implica que la experiencia va tomando significados diferentes a lo largo de la vida; esta flexibilidad para memorizar y responder con nuevos aprendizajes se llama plasticidad y es posible gracias a la permanente construcción de circuitos neuronales y su modificación, como se ha demostrado experimentalmente. Sin embargo, antes se creía que la plasticidad cerebral era mayor durante las etapas de desarrollo de la infancia y la adolescencia, pero los nuevos descubrimientos

de las últimas décadas han mostrado que el cerebro retiene su plasticidad en todas las etapas de la vida (Koizumi, 2003). Tal plasticidad se refiere a su capacidad para renovar o reconectar sus circuitos neuronales y así realizar nuevas tareas.

3.7 Neuromito 5 (N5)

Este neuromito se refiere a la relación entre el volumen del cerebro masculino y su capacidad cognitiva. Frente a este tan solo un docente manifestó la veracidad del neuromito, tal vez por desconocimiento. Los otros docentes manifiestan:

D1: “Solo el volumen, el cual no sirve como indicador de inteligencia”.

D5: “Falso, un cerebro más grande no implica o garantiza más poder cognitivo, existen animales que tienen el cerebro más grande que el humano, eso no quiere decir que sean más ‘inteligentes’ que la especie humana”.

D11: “No, el volumen no define la capacidad global de cada individuo, el aprendizaje se da por estímulos y se puede dar en tanto hombres y mujeres por igual”.

De manera que es posible concluir que la creencia en que el cerebro masculino es más inteligente que el femenino por ser más grande está descartada. Al respecto, son muchos los estudios que han aportado datos importantes sobre la falsedad de este neuromito (Higbee y Clay, 1998; Dekker et al., 2012; Deligiannidi y Howard-Jones, 2015; Ferrero et al., 2016; Howard-Jones, 2014; Karakus et al., 2015; Pei et al., 2015). Algunos de los orígenes de este mito al parecer surgieron cuando la neuroimagen se usó por primera vez en numerosos estudios a fines de la década de 1990, cuando era común “ver” solo pequeñas áreas del cerebro iluminadas durante los experimentos, y algunas personas suponían que esto significaba que solo se estaba usando una pequeña porción del cerebro. Sin embargo, lo que se sabe hoy con respecto a este tema gracias a la

neurociencia es que las imágenes cerebrales más actualizadas disponibles muestran redes complejas en todo el cerebro en la mayoría de las tareas (Jarrett, 2014; De Bruyckere et al., 2015). Beyerstein (1999) ofreció evidencia para eliminar el mito al señalar que, si solo se usara el 10 %, el daño cerebral tendría que limitarse a esos pocos lugares, cuando sabemos que, en realidad, el daño cerebral se ha documentado en todas las partes del cerebro, además, argumenta que las neuroimágenes con PET y fMRI muestran que el cerebro está activo incluso durante el sueño y que ninguna área está completamente inactiva.

Una vez revisadas las respuestas a las dos categorías objeto de este estudio, se observa que los docentes siguen los lineamientos curriculares de MinEducación y, en consecuencia, efectúan la secuenciación de contenidos sobre enseñanza del sistema nervioso. Por ejemplo, dentro de los Estándares básicos de competencias en ciencias naturales y ciencias sociales y los DBA en relación con el aprendizaje del sistema nervioso humano, los estudiantes de los grados 6° y 7° deben empezar por identificar las neuronas y reconocer sus partes y funciones. En el abordaje de este contenido, puede prevalecer la enseñanza y el aprendizaje de la falsa creencia que se tenía sobre la inmutabilidad del cerebro adulto, pues hasta la década de 1960 los científicos creían que, cuando el cerebro alcanzaba la edad adulta, las neuronas morían y jamás se volvían a regenerar; sin embargo, avances como el descubrimiento de la neurogénesis adulta permitieron desmentir esa creencia (Martínez-Marcos et al., 2016). Ahora bien, si esta falacia se enseña a los estudiantes de estos grados, cuando avancen a los grados superiores tendrán más dificultades para comprender la neuroplasticidad, pues no tendrán las bases para explicar por qué el cerebro humano tiene la capacidad de regenerarse, remodelarse e incluso recuperar funciones que se habían perdido producto de accidentes o traumatismos (Bullón Gallego,

2018). También en el abordaje de estos contenidos es importante incluir el concepto de neuronas espejo, que son células relacionadas con la imitación, es decir, están activas cuando los individuos observan acciones concretas para las que están predeterminadas, sin generar ningún tipo de actividad motora; por tanto, se les atribuye importancia en los procesos de aprendizaje simple a través de la observación y la imitación (Bautista y Navarro, 2011). Es totalmente necesario que los estudiantes se acerquen a estos nuevos conocimientos y puedan renovar sus aprendizajes a través de la posibilidad de abrir espacios de reflexión crítica, que les permita hacer uso de tales conocimientos en contextos diferentes de la biología, como los científicos, tecnológicos e investigativos.

De la misma manera, de acuerdo con los Estándares básicos de competencias en ciencias naturales y ciencias sociales y los DBA, los estudiantes deben reconocer las estructuras del sistema nervioso y entender los procesos de control y regulación, puesto que se puede caer en neuromitos relacionados con la función de algunas partes y estructuras del sistema, por ejemplo, los hemisferios cerebrales (dominancia hemisférica), las zonas cerebrales y sus funciones neurológicas relacionadas en particular con la inteligencia y la memoria. Al respecto, se sabe que, si bien existen algunas funciones que como el habla, la comprensión del lenguaje, la articulación de la palabra y los movimientos de los cuatro miembros se encuentran en áreas específicas de la corteza cerebral, todas están interconectadas con otras áreas cerebrales, del tallo cerebral y del cerebelo (Molina Valencia y Torres Merchán, 2019; Regader, 2015; Rizzolatti y Sinigaglia, 2007; Skoyles y Sagan, 2002). De igual forma, se puede caer en la falsa creencia de los estilos de aprendizaje cuando se enseñan las funciones de la corteza prefrontal, el hipocampo y la hipófisis, y los mecanismos de percepción sensorial, ya que estos contenidos

en general se relacionan con las capacidades cognitivas, pues es común que haga alusión a los estilos de aprendizaje y muchos docentes afirman a sus estudiantes que algunos de ellos aprenden más y mejor escuchando al profesor mientras otros lo hacen leyendo; asimismo, que algunos estudiantes son mejores para las artes y otros son brillantes para matemáticas o idiomas (Newton y Miah, 2017; Riener y Willingham, 2010). Este neuromito hace referencia “al uso preferente de un hemisferio como condicionamiento del aprendizaje; los estilos preferentes de aprendizaje con base a modalidades sensoriales, visual, auditivo o kinestésico” (Pallares-Domínguez, 2021, p. 94). Al respecto, es posible reconocer que este es uno de los neuromitos más comúnmente aceptados por las personas en el mundo y más específicamente por los docentes, pues, de acuerdo con Barraza y Leiva (2018), estudios en diferentes lugares del mundo afirman que cerca del 95,8 % de los docentes creen en este neuromito.

Finalmente, muchos docentes hacen uso de las analogías para explicar el funcionamiento del sistema nervioso, y normalmente lo comparan con una máquina porque asumen que es una manera sencilla de explicar la función de control y regulación de este sistema; sin embargo, hacer uso de esta no se considera apropiado, ya que puede generar en los estudiantes interpretaciones erróneas de la realidad del funcionamiento del sistema, pues puede hacerles creer que el encéfalo humano funciona como un procesador que recibe información del medio externo (por lo que se olvida que el encéfalo también recibe información del interior), procesa esa información, elabora una respuesta (como si un estímulo produjera solo un tipo de respuesta), ignora, por ejemplo, la sinestesia que “es un fenómeno neurológico que aparece cuando la estimulación de una vía sensorial o cognitiva produce una experiencia asociada en una segunda vía que no ha sido estimulada directamente” (Melero Carrasco, 2015) y envía

Muchos docentes hacen uso de las analogías para explicar el funcionamiento del sistema nervioso, y normalmente lo comparan con una máquina porque asumen que es una manera sencilla de explicar la función de control y regulación de este sistema.

esa respuesta al exterior nuevamente (no se tienen en cuenta las respuestas internas); además, se hace énfasis en la similitud del cerebro para almacenar información, tal como lo hace una computadora. Frente a esta analogía se ha comprobado que incluso en los libros de texto de ciencias naturales existen numerosas referencias al modelo ordenador, criticado actualmente desde la neurobiología y las ciencias cognitivas (Jiménez Valladares et al., 1997). De acuerdo con lo anterior, comparar analógicamente el cerebro con una máquina u ordenador no es conveniente, ya que se puede dar a los estudiantes la idea de que el sistema nervioso es algo simple que solo recibe información del medio, la procesa y elabora respuestas, ignorando la complejidad de este sistema y la importancia de lo humano en diferentes contextos, no solo biológicos, sino también sociales y culturales.

4. Conclusiones

Con respecto a las metodologías empleadas por los docentes encuestados para el abordaje de los contenidos relacionados con el sistema nervioso sobresale que la mayoría de los docentes siguen las secuencias planteadas por los lineamientos curriculares

y las disposiciones del MinEducación. Las secuencias se realizan en pasos concretos, así: explicación, puesta en práctica (aplicación de guías, secuencias didácticas, talleres de lápiz y papel y en pocas ocasiones prácticas de laboratorio o experimentales) y evaluación. También se encontró que la mayoría de los docentes abordan estos contenidos siguiendo de manera directa los lineamientos curriculares y los estándares básicos de aprendizaje; sin embargo, hace falta una vinculación directa con los avances de las neurociencias.

Por otro lado, en cuanto a las percepciones de los docentes frente a algunos neuromitos, fue posible identificar que, aunque la mayoría de los docentes no está de acuerdo, persisten en algunos creencias erróneas acerca de la relación educación, aprendizaje y sistema nervioso. Tales hallazgos son importantes en la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos relacionados con el sistema nervioso, ya que, de acuerdo con los avances neurocientíficos, el estudio y la explicación del funcionamiento del sistema nervioso ha cambiado considerablemente en las últimas décadas y esto debe hacerse evidente en la escuela.

Por otra parte, es necesario que desde las instituciones educativas se abran espacios de reflexión crítica que permitan a los docentes y directivos docentes acceder a información relacionada con los avances científicos y tecnológicos que van surgiendo y que pueden y deben ser aplicados en el desarrollo de sus prácticas educativas para fortalecer, renovar y mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales. De igual manera, se sugiere que todos los docentes de Ciencias Naturales puedan acceder a capacitaciones permanentes en neurociencia y neuroeducación para ampliar sus conocimientos en este campo, y así evitar la prevalencia de neuromitos que repercuten en el aprendizaje de los estudiantes.

Es importante resaltar que, entre los objetivos de los Estándares básicos de competencias

en ciencias naturales y ciencias sociales (MinEducación, 2014), se encuentra la necesidad de desarrollar en los estudiantes la capacidad de valorar críticamente los descubrimientos y los avances de las ciencias; sin embargo, el desarrollo de esta competencia no es posible si no existe un acercamiento de los estudiantes a tales descubrimientos, de manera que, si los docentes no están en permanente actualización de los avances científicos y tecnológicos, no es posible promover una articulación, en este caso, neurociencia-educación. De igual manera, si en los docentes persisten falsas creencias sobre el funcionamiento del sistema nervioso, se puede continuar reforzando las mismas falacias en los estudiantes cuando se abordan los contenidos de este sistema en las aulas, y así generar interpretaciones erradas de la realidad.

Por último, la existencia y el estudio de neuromitos permite no solo considerar aspectos importantes para la educación que permitan hacer reflexiones críticas sobre la necesidad de conectar la neurociencia y la educación, sino también modificar las prácticas bajo las cuales se ha venido enseñando el sistema nervioso humano, para evitar concepciones erróneas en los estudiantes que dificulten el desarrollo del pensamiento científico y crítico.

Limitaciones del estudio

Se consideran limitantes de este estudio el número de participantes dado que no permite tener una idea más global de las dos categorías centrales del estudio. Se requiere, además, en futuros estudios complementar con entrevistas las preguntas para tener mayor profundidad en las respuestas.

Financiación

Esta investigación no tiene financiación.

Conflicto de intereses

Los autores manifiestan que durante la ejecución de este artículo no se tienen conflicto de intereses.

Contribución de los autores

El diseño de la investigación, el análisis de datos, la metodología, la discusión y la revisión del artículo fueron efectuados por los tres autores, quienes han leído y aprobado la versión enviada a la revista.

Referencias

- Alferink, L. A. & Farmer-Dougan, V. (2010). Brain-(not) based education: Dangers of misunderstanding and misapplication of neuroscience research. *Exceptionality*, 18(1), 42-52. <https://doi.org/10.1080/09362830903462573>
- Altman, J. & Das, G. D. (1965). Autoradiographic and histological evidence of postnatal hippocampal neurogenesis in rats. *Journal of Comparative Neurology*, 124(3), 319-335. <https://doi.org/10.1002/cne.901240303>
- Amran, M. S., Rahman, S., Surat, S. & Bakar, A. Y. A. (2019). Connecting neuroscience and education: Insight from neuroscience findings for better instructional learning. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 7(2), 341-352. <https://doi.org/10.17478/jegys.559933>
- Barraza, P. y Leiva, I. (2018). Neuromitos en educación: Prevalencia en docentes chilenos y el rol de los medios de difusión. *Paideia*, 63, 17-40. <http://revistas.udec.cl/index.php/paideia/article/view/1166/1832>
- Barrios-Tao, H. (2016). Neurociencias, educación y entorno sociocultural. *Educación y Educadores*, 19(3), 395-415. <https://doi.org/10.5294/edu.2016.19.3.5>
- Bautista, J. y Navarro, J. R. (2011). Neuronas espejo y el aprendizaje en anestesia. *Revista de la Facultad de Medicina*, 59(4), 339-351. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfmun/v59n4/v59n4a06.pdf>
- Beaty, R. E., Benedek, M., Silvia, P. J. & Schacter, D. L. (2016). Creative cognition and brain network dynamics. *Trends in Cognitive Sciences*, 20(2), 87-95. doi:10.1016/j.tics.2015.10.004
- Beyerstein, B. L. (1999). Whence cometh the myth that we only use ten percent of our brains. *Mind Myths: Exploring Popular Assumptions about the Mind and Brain*, 2, 314-335.
- Bueno i Torrens, D. y Forés i Miravalles, A. (2018). 5 principios de la neuroeducación que la familia debería saber y poner en práctica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 78(1), 13-25. <https://doi.org/10.35362/rie7813255>
- Bullón Gallego, I. (2018). La neurociencia en el ámbito educativo. *Revista Internacional de Apoyo a la Inclusión, Logopedia, Sociedad y Multiculturalidad*, 3(1), 118-135. <https://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/riai/article/view/4251/3476>
- Burgos Zambrano, D. y Cabrera Ávila, C. (2021). Las neuronas espejo y su incidencia en el aprendizaje. *Res non Verba: Revista Científica*, 11(1), 54-72. <https://doi.org/10.21855/resnonverba.v11i1.443>
- Cárdenas-Navas, A. M. y Martínez-Rivera, C. A. (2021). Contenidos escolares en ciencias naturales desde el currículo oficial de Colombia. *Revista Científica*, 42(3), 328-338. <https://doi.org/10.14483/23448350.17614>
- Creswell, J. W. (2009). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage.
- De Bruyckere, P., Kirschner, P. A. & Hulshof, C. D. (2015). *Urban myths about learning and education*. Academic Press.

- De Smedt, B. (2018). Applications of cognitive neuroscience in educational research. En *Oxford Research Encyclopedia of Education*. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190264093.013.69>
- Dekker, S., Lee, P., Howard-Jones & Jolles, J. (2012). Neuromyths in education: Prevalence and predictors of misconceptions among teachers. *Frontiers in Psychology*, 3(429), 1-8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00429>
- Del Pozo, M. (2001). Lo que saben y lo que pretenden enseñar los futuros profesores sobre el cambio químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 199-215. <https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v19n2/02124521v19n2p199.pdf>
- Deligiannidi, K. & P. Howard-Jones, P. (2015). The neuroscience literacy of teachers in Greece. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 174, 3909-3915. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.1133>
- Denzin, N. & Lincoln, Y. (1994). *Handbook of qualitative research*. Sage.
- Dikmenli, M., Çardak, O. & Öztaş, F. (2009). Conceptual problems in biology-related topics in primary science and technology textbooks in Turkey. *International Journal of Environmental & Science Education*, 4, 429-440. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ884407.pdf>
- Ferrero, M., Garaizar, P. & Vadillo, M. A. (2016). Neuromyths in education: Prevalence among spanish teachers and an exploration of cross-cultural variation. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10, 496. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00496>
- Forés, A. (2018). Neuroeducación en las aulas: Cómo despertar la emoción por aprender. *Educación* 3.0. <https://www.educacion-trespuntocero.com/noticias/la-neuroeducacion-llega-a-las-aulas/>
- Forés, A., Gamo, J. R., Guillén, J. C., Hernández, T., Ligoiz, M., Pardo, F. & Trinidad, C. (2015) *Neuromitos en educación: El aprendizaje desde la neurociencia*. Plataforma Editorial.
- Gómez Galindo, A. A. (2014). Progresión del aprendizaje basado en modelos: La enseñanza del aprendizaje del sistema nervioso. *Bio-grafía*, 7(13), 101-107. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.7num.13bio-grafia101.107>
- Gago Galvagno, L. y Elgier, Á. M. (2018). Trazando puentes entre las neurociencias y la educación: Aportes, límites y caminos futuros en el campo educativo. *Psicogente*, 21(40), 476- 494. <https://doi.org/10.17081/psico.21.40.3087>
- García García, E., González Marqués, J. y Maestú Unturbe, F. (2011). Neuronas espejo y teoría de la mente en la explicación de la empatía. *Ansiedad y Estrés*, 17(2-3). 265-279. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/16341/>
- Gleichgerricht, E., Lira Luttgés, B., Salvarezza, F. & Campos, A. L. (2015). Educational neuromyths among teachers in Latin America. *Mind, Brain, and Education*, 9(3), 170-178. <https://doi.org/10.1111/mbe.12086>
- Hernández Sampieri, R. y Medoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill.
- Higbee, K.L. & Clay, S.L. (1998). Collegestudents' beliefs in the ten-percent myth. *The Journal of psychology*, 132(5), 469-476. <https://doi.org/10.1080/00223989809599280>
- Hoces, R. y Yus, R. (1995). Las relaciones y la salud mental en las personas. En *Ciencias de la naturaleza* (vol. 2, pp. 273-437). Edelvives-MEC.
- Horta Rivero, E. M., Jiménez de Castro, P. D., Figueredo Tirado, C. M. y Llanes Mesa, L. (2019). Plasticidad neuronal: Un reto para

- las Neurociencias. *Progaleno*, 2(2), 110-123. <http://revprogaleno.sld.cu/index.php/progaleno/article/view/70/39>
- Howard-Jones, P. A. (2011). A multiperspective approach to neuroeducational research. *Educational Philosophy and Theory*, 43(1), 24-30. <https://doi.org/10.1111/j.1469-5812.2010.00703.x>
- Howard-Jones, P. A. (2014). Neuroscience and education: Myths and messages. *Nature Reviews Neuroscience*, 15(12), 817-824. <https://doi.org/10.1038/nrn3817>
- Jarrett, C. (2014). *Great myths of the brain*. John Wiley & Sons.
- Jiménez-Pérez, E. H. y Calzadilla-Pérez, O. O. (2021). Prevalencia de neuromitos en docentes de la Universidad de Cienfuegos. *Ciencias Psicológicas*, 15(1), 1-12. <https://doi.org/10.22235/cp.v15i1.2358>
- Jiménez-Pérez, E. H., López-Rodríguez del Rey, M. M. y Herrera-González, D. (2019). La neurociencia en la formación inicial de docentes. *Conrado*, 15(67), 241-249. <http://scielo.sld.cu/pdf/rc/v15n67/1990-8644-rc-15-67-241.pdf>
- Jiménez Valladares, J. de D., Hoces Prieto, R. y Perales Palacios, F. J. (1997). Análisis de los modelos y los grafismos utilizados en los libros de texto. *Revista Alambique*, 11, 75-85.
- Karakus, O., Howard-Jones, P. A. & Jay, T. (2015). Primary and secondary school teachers' knowledge and misconceptions about the brain in Turkey. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 174, 1933-1940. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.858>
- Knoll, A. R., Otani, H., Skeel, R. L. & Van Horn, K. R. (2017). Learning style, judgments of learning, and learning of verbal and visual information. *British Journal of Psychology*, 108(3), 544-563. <https://doi.org/10.1111/bjop.12214>
- Kober, H., Barrett, L. F., Joseph, J., Bliss-Moreau, E., Lindquist, K. & Wager, T. D. (2008). Functional grouping and cortical-subcortical interactions in emotion: A meta-analysis of neuroimaging studies. *Neuroimage*, 42(2), 998-1031. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.03.059>
- Koizumi, H. (2003). Science of learning and education: An approach with brain-function imaging. *No To Hattatsu*, 35(2), 126-129. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12661094/>
- López Mayorga, Á. y Vargas Jaramillo, J. D. (2021). *Neurociencia educativa: Aportes aplicados a la educación formal* [trabajo de especialización]. <https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/7435>
- Martínez-Marcos, A., Trejo, J. L. & López-Mascaraque, L. (2016). 50th Anniversary of Adult Neurogenesis: Olfaction, hippocampus, and beyond. *Frontiers in Neuroscience*, 10, 319. <https://doi.org/10.3389/fnins.2016.00319>
- Melero Carrasco, H. (2015). *Sinestesia, bases neuroanatómicas y cognitivas* [tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid]. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/30996/>
- Meneses Granados, N. (2019). Neuroeducación: Solo se puede aprender aquello que se ama, de Francisco Mora Teruel. *Perfiles Educativos*, 41(165), 210-216. <https://doi.org/10.22201/issue.24486167e.2019.165.59403>
- Ministerio de Educación Nacional. (2004). *Estándares básicos de competencias en ciencias naturales y ciencias sociales*. https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-81033_archivo_pdf.pdf
- Molina Valencia, R. y Torres Merchán, N. Y. (2019). *Neurociencias y educación: Dualidad necesaria en los procesos de aprendizaje* [ponencia]. V Congreso Internacional de Investigación y Pedagogía,

- Colombia. <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/5147>
- Newton, P. M., & Miah, M. (2017). Evidence-based higher education: Is the learning styles 'myth' important? *Frontiers in Psychology*, 8(444), 1-9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00444>
- Nottebohm, F. (2011). Plasticity in adult avian central nervous system: Possible relation between hormones, learning, and brain repair. *Comprehensive Physiology*, 85-108. <https://doi.org/10.1002/cphy.cp010503>
- Nouri, A. (2016). The basic principles of research in neuroeducation studies. *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education*, 4(1), 59-66. <https://doi.org/10.5937/IJCR-SEE1601059N>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2002). *Learning sciences and brain research: Report of the launching meeting of phase II*. www.oecd.org/dataoecd/40/36/15304667.pdf
- Painemil, M., Manquenahuel, S., Biso, P. y Muñoz, C. (2021). Creencias versus conocimiento en futuro profesorado: Un estudio comparado sobre neuromitos a nivel internacional. *Revista Electrónica Educare*, 25(1), 246-267. <http://dx.doi.org/10.15359/ree.25-1.13>
- Pallares-Domínguez, D. (2021). La reflexión crítica sobre los neuromitos en la educación. *Teoría de la Educación: Revista Interuniversitaria*, 33(2), 87-106. <https://www.torrossa.com/en/resources/an/4965258>
- Pei, X., Howard-Jones, P. A., Zhang, S., Liu, X. & Jin, Y. (2015). Teachers' understanding about the brain in east China. *Proceedia Social and Behavioral Sciences*, 174, 3681-3688. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.1091>
- Purves, D., Augustine, G., Fitzpatrick-Hall, W., A. La-Mantia A. y White, L. (2016). *Neurociencia*. Editorial Médica Panamericana.
- Regader, B. (2015, 10 de septiembre). *Hemisferios cerebrales: Mitos y realidades. ¿El hemisferio izquierdo es analítico y el derecho creativo? La ciencia matiza este mito popular*. *Psicología y mente*. <https://psicologiymente.com/neurociencias/hemisferios-cerebrales-mitos-realidades>
- Riener, C. & Willingham, D. (2010). The myth of learning styles. *Change The Magazine of Higher Learning*, 42(5), 32-35. <https://doi.org/10.1080/00091383.2010.503139>
- Rizzolatti, G. & Sinigaglia, C. (2007). Mirror neurons and motor intentionality. *Functional neurology*, 22(4), 205-210. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18182127/>
- Rojas-Niño, M. (2016). *Análisis de libros de texto sobre la enseñanza de especies no carismáticas en la escuela primaria* [tesis de maestría, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]. <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/4418>
- Rojas Niño, M. y Torres Merchán, N. Y. (2017). La enseñanza de especies no carismáticas invertebradas en el contexto de la escuela nueva: Un análisis desde los libros de texto. *Biogeografía: Escritos sobre la biología y su enseñanza*, 10(19), 85-100. <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.vol.10.num19-7223>
- Romero Urréa, H. (2015). El dominio de los hemisferios cerebrales. *Revista Ciencia Unemi*, 3(4), 8-15. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5210276>
- Ruhaak, A. & Cook, B. (2018). The prevalence of educational neuromyths among pre-service special education teachers. *Mind, Brain, and Education*, 12(3), 155-161. <https://doi.org/10.1111/mbe.12181>
- Salas, R. (2003). ¿La educación necesita realmente de la neurociencia? *Estudios Pedagógicos*.

- gicos*, 29, 155-171. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052003000100011>
- Skoyles, J. R. & Sagan, D. (2002). *Up from dragons: The evolution of human intelligence*. McGraw Hill.
- Théodoridou, Z. D., Koutsoklenis, A., Del Cerro, M. & Triarhou, L. C. (2013). An avant-garde professorship of neurobiology in education: Christofredo Jakob (1866–1956) and the 1920s lead of the National University of La Plata, Argentina. *Journal of the History of the Neurosciences*, 22(4), 366-382. <https://doi.org/10.1080/0964704X.2012.762830>
- Thomas, M., Ansari, D. & Knowland, V. (2018). Annual research review educational neuroscience: Progress and prospects. Education neuroscience. *Journal of Child Psychology & Psychiatry*, 60(4), 477-492. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12973>
- Torrijos-Muelas, M., González-Víllora, S. & Bodoque-Osma, A. R. (2021). The persistence of neuromyths in the educational settings: A systematic review. *Frontiers in Psychology*, 11, 3658. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.591923>
- Tovar-Moll, F. & Lent, R. (2016). The various forms of neuroplasticity: Biological bases of learning and teaching. *Prospects*, 46, 199-213. <https://doi.org/10.1007/s11125-017-9388-7>
- Tzourio-Mazoyer, N., Crivello, F. & Mazoyer, B. (2018). Is the planum temporale surface area a marker of hemispheric or regional language lateralization? *Brain Structure and Function*, 223(3), 1217-1228. <https://doi.org/10.1007/s00429-017-1551-7>
- Varas-Genestier, P. y Ferreira, R. A. (2017). Neuromitos de los profesores chilenos: Orígenes y predictores. *Estudios Pedagógicos*, 43(3), 341-360. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052017000300020>
- Varela, F., Lachaux, J. P., Rodriguez, E. & Martinerie, J. (2001). The brainweb: Phase synchronization and large-scale integration. *Nature Reviews Neuroscience*, 2(4), 229-239. <https://doi.org/10.1038/35067550>
- Vargas-Vargas, R. A. (2018). Neurociencias y educación: Brechas, desafíos y perspectivas. *Revista Papeles*, 10(20), 39-52. <https://doi.org/10.54104/papeles.v10n20.533>
- Yela, M. (1996). La estructura de la conducta: Estímulo, situación y conciencia. *Psicothema*, 8, 89-147. <https://www.redalyc.org/pdf/727/72780406.pdf>