
Revista de Estudios y Experiencias en Educación

REXE

journal homepage: <http://revistas.ucsc.cl/index.php/rexe>

La neurociencia cognitiva en la Formación Inicial Docente chilena

Francisca Beroíza-Valenzuela

Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Santiago, Chile

Recibido: 28 de noviembre 2022 - Revisado: 11 de abril 2023 - Aceptado: 04 de mayo 2023

RESUMEN

Este artículo enfatiza la contribución de la neurociencia cognitiva a la educación mediante una revisión de la literatura existente. Se destaca la importancia de comprender el funcionamiento del cerebro en el proceso de aprendizaje y se pone énfasis en la influencia del contexto interaccional primario. Además, se abordan los riesgos asociados a malinterpretaciones de la neurociencia cognitiva y se aboga por su inclusión en la Formación Inicial Docente (FID). La comprensión de los procesos mentales implicados en el aprendizaje humano es fundamental para la FID, ya que la adquisición de conocimientos científicos permite democratizar el saber y establecer una cultura en la que la evidencia científica de la neurociencia cognitiva sirva como base teórica y empírica relevante para la toma de decisiones pedagógicas. No obstante, la falta de integración de la neurociencia cognitiva en los programas de estudio representa un problema significativo. Esto conduce a la difusión de información errónea a través de cursos que ofrecen soluciones pseudocientíficas, lo que lleva a los docentes a adoptar estrategias inadecuadas en su práctica pedagógica. La ausencia de herramientas científicas sólidas en neurociencia cognitiva dificulta la creación de estrategias de enseñanza efectivas y la comprensión del proceso de aprendizaje. Por lo tanto, es imperativo promover la inclusión de la neurociencia cognitiva en la Formación Inicial Docente para mejorar la calidad de la educación.

Palabras clave: Educación; neurociencia cognitiva; formación inicial docente; neuromitos.

Correspondencia: [Francisca Beroíza-Valenzuela](mailto:Francisca.Beroiza-Valenzuela@ug.uchile.cl) (F. Beroíza-Valenzuela).



<https://orcid.org/0000-0003-2424-1207> (francisca.beroiza@ug.uchile.cl).

The Cognitive neuroscience in Chilean Initial Teacher Training

ABSTRACT

This article highlights the contributions of cognitive neuroscience to education through a review of existing literature. It emphasizes the importance of knowledge about the brain and its role in learning, as well as the influence of the primary interactional context. Additionally, it discusses the dangers of misinterpretations of cognitive neuroscience and advocates for its inclusion in Initial Teacher Training (ITT). Understanding the mental processes involved in human learning is crucial for ITT. Acquiring scientific knowledge democratizes knowledge and establishes a culture where the scientific evidence of cognitive neuroscience can serve as a relevant theoretical and empirical foundation for making pedagogical decisions. However, the lack of inclusion of cognitive neuroscience in curricula is a serious problem. This leads to the spread of misinformation through courses that offer pseudoscientific solutions, leading teachers to adopt inadequate strategies in their pedagogical practice. The lack of solid scientific tools for cognitive neuroscience makes it difficult to create effective teaching strategies and explain learning. Therefore, the inclusion of cognitive neuroscience in ITT should be promoted to improve the quality of education.

Keywords: Education; cognitive neuroscience; initial teacher training; neuromyths.

1. Introducción

En la actualidad, la educación ha integrado numerosos descubrimientos de la neurociencia, que se enfoca en la investigación del sistema nervioso, particularmente en la actividad cerebral y su relación con la conducta y el aprendizaje (Salas, 2003). La rama de la neurociencia cognitiva ha suministrado conocimientos valiosos acerca del proceso de aprendizaje humano, los cuales tienen la capacidad de contribuir en la mejora de los sistemas educativos en base con los nuevos descubrimientos sobre el funcionamiento del cerebro (Ortiz, 2009). Este aporte es significativo, ya que permite comprender las bases biológicas de la cognición humana. Como resultado, la intersección entre estas disciplinas ha dado lugar al término "neuroeducación" o "neurociencia educativa", en el que los estudios del cerebro y los datos del comportamiento pueden contribuir a una comprensión más completa del aprendizaje subyacente. Esta comprensión es esencial para la educación, puesto que tiene como objetivo llevar a una enseñanza y aprendizaje más efectivos (Howard-Jones et al., 2016).

Es imprescindible que los estudiantes de pedagogía reciban una sólida base teórica en la Formación Inicial Docente (FID) acerca del funcionamiento del cerebro humano y su relación con el aprendizaje; no obstante, estudios realizados en diversos países demuestran que los programas actuales de FID no incluyen contenidos de neurociencia en sus planes de estudio (Coch, 2018). La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2007), *Society for Neuroscience* (2009) y *The Royal Society* (2011) concuerdan en que la consideración de la neurociencia debe ser fundamental en los programas de pedagogía, para que los futuros docentes sean consumidores críticos e informados en la materia.

Los hallazgos de la neurociencia cognitiva se difunden ampliamente a través de diversos medios de comunicación, pero esto ha dado lugar a sobregeneralizaciones o malas interpretaciones que generan lo que se conoce como "neuromitos". Estos son conceptos erróneos acerca del cerebro y la mente que se originan fuera de la comunidad científica (OCDE, 2002). La dominación de estos mitos oscurece los importantes avances que se están logrando en la neurociencia cognitiva en áreas relevantes para la educación (Goswami, 2006). La información parcial y distorsionada que se consume a menudo por los docentes sin formación en neurociencia cognitiva dificulta la capacidad de discernir entre información confiable y pseudociencia, lo que puede afectar negativamente la toma de decisiones educativas y el quehacer docente. Por lo tanto, es esencial que los programas de formación inicial docente incluyan bases sólidas en neurociencia cognitiva para permitir que los futuros docentes puedan utilizar esta información de manera efectiva y crítica en sus prácticas educativas.

La incorporación de la neurociencia cognitiva en los programas de Formación Inicial Docente (FID) permitiría a los futuros profesionales tener un acercamiento real a la evidencia empírica en el desarrollo de su formación y acción pedagógica. Por esta razón, es crucial que las carreras de pedagogía consideren los conocimientos de la neurociencia cognitiva en sus programas de estudio. La falta de atención a esta disciplina puede estar relacionada con una falta de conocimiento o valoración de su aporte a la educación, a pesar de que esta disciplina permite comprender una amplia variedad de procesos cognitivos involucrados en el aprendizaje humano, como el lenguaje, la memoria, la atención, la neurogénesis, la motivación, la creatividad, las emociones, la plasticidad cerebral, el sueño y una vida saludable, entre otros (CERI, 2009).

Por ende, para garantizar que los futuros docentes tengan las habilidades y conocimientos necesarios para tomar decisiones pedagógicas efectivas, es esencial que los programas de formación inicial de docentes incluyan asignaturas de neurociencia cognitiva. Estas asignaturas proporcionarían información actualizada sobre cómo funciona el cerebro y cómo se produce el aprendizaje, lo que permitiría a los docentes tomar decisiones informadas y basadas en evidencia. Sin embargo, también es importante que el Estado emita prescripciones educativas que se basen en información científica rigurosa y eviten la reproducción de neuromitos o información sesgada. De esta manera, se puede garantizar que la educación sea eficaz y beneficiosa para el estudiantado.

Este artículo tiene como objetivo destacar la contribución de la neurociencia cognitiva en la educación y su integración en la Formación Inicial Docente (FID), mediante una revisión bibliográfica que examina las ideas de diversos científicos y los aspectos clave que deben ser considerados en los programas de estudio de la formación pedagógica. Esto permitirá evitar la creencia en conceptos erróneos o neuromitos y facilitará la toma de decisiones pedagógicas informadas. El artículo comienza destacando los beneficios que el conocimiento del cerebro puede tener en el proceso de aprendizaje, se enfatiza la relevancia del contexto interaccional primario del ser humano y el papel crucial de las emociones en dicho proceso. Luego, se aborda el riesgo que representan las concepciones científicas equivocadas en la neurociencia cognitiva y la educación, para finalmente destacar la importancia de incorporar conocimientos neurocognitivos en la formación inicial docente del siglo XXI.

2. El cerebro: Su relevancia para el aprendizaje

El sistema nervioso está dividido en dos subsistemas: el sistema nervioso central (SNC) y el sistema nervioso periférico (SNP). El SNP está compuesto por nervios que conectan el SNC con otros órganos, extremidades y la piel. Este subsistema se subdivide en sistema nervioso autónomo, que funciona de forma involuntaria, y sistema nervioso somático, que controla los movimientos voluntarios del cuerpo humano. El SNC, por su parte, está compuesto por la médula espinal, que transmite los mensajes al resto del cuerpo, y el encéfalo, considerado el órgano que controla las funciones más relevantes del ser humano. El encéfalo —que se compone del cerebro, el tronco encefálico y el cerebelo— tiene la capacidad extraordinaria de adquirir, coordinar y diseminar información sobre el cuerpo y su ambiente. La información debe procesarse en cuestión de milisegundos, aunque también puede almacenarse como recuerdos que perduran durante años (Purves et al., 2010). Esto muestra la capacidad extraordinaria del cerebro y la importancia del sistema nervioso en la función cognitiva y el aprendizaje.

El cerebro es la estructura más compleja del ser humano, ya que gestiona la actividad del sistema nervioso, en él se ejecutan todas nuestras conductas, emociones, percepciones, pensamientos que configuran nuestras diversas representaciones del mundo en que habitamos, es uno de los grandes misterios y es el órgano más complejo, debido a que “contiene más de ochenta y seis mil millones de neuronas, que don Ramón y Cajal (...) definió como las misteriosas mariposas del alma, cuyo batir de alas quien sabe si esclarecerá algún día el secreto de la vida mental” (Ramón y Cajal 1852-1934, citado en Dierssen, 2019, p. 8). En ese sentido, la investigación científica sobre el cerebro del ser humano sigue siendo un libro abierto y en pleno apogeo.

La neurociencia cognitiva es una rama de investigación que se enfoca en el estudio del cerebro y su relación con la conducta y el aprendizaje, y se centra en la actividad cerebral y el sistema nervioso. Este campo de estudio ha generado un gran interés en las ciencias sociales, especialmente en la educación, debido a que el conocimiento sobre los procesos mentales humanos podría llevar a la creación de estrategias, metodologías y herramientas más efectivas para abordar las diferentes necesidades de los estudiantes.

El cerebro es responsable de varios procesos cognitivos esenciales para el desarrollo de los individuos, incluyendo la memoria. La capacidad del cerebro para almacenar información proporcionada por la experiencia y recuperarla de manera voluntaria es una de las funciones más fascinantes y complejas (Purves et al., 2010). Los humanos tienen diferentes tipos de memoria, que se pueden dividir en memoria a corto plazo y memoria a largo plazo; memoria a corto plazo incluye la memoria procedimental y la memoria declarativa, esta última abarca la memoria semántica y la memoria episódica; de manera similar, la memoria a largo plazo incluye la memoria de trabajo, que es esencial en diversas funciones como el mantenimiento activo y la manipulación de la información para tareas cognitivas de mayor orden. También predice tareas cognitivas complejas como la resolución de problemas o la planificación, la comprensión de la lectura, habilidades matemáticas y es crucial para adquirir nuevos conocimientos y habilidades.

Los déficits en memoria de trabajo son considerados la principal fuente de deterioro cognitivo en numerosas poblaciones con necesidades especiales, desde el trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH) hasta la discapacidad matemática (Buschkuehl et al., 2012). Afortunadamente, se ha demostrado científicamente que las intervenciones que se enfocan en la memoria de trabajo son efectivas en estudiantes con déficits en este dominio, incluyendo aquellos con TDAH. Por lo tanto, el entrenamiento de la memoria de trabajo podría ayudar a cerrar la brecha de rendimiento (Buschkuehl et al., 2012), lo cual sería de gran beneficio para la educación. Los estudios han demostrado que la regulación epigenética de la expresión génica desempeña un papel fundamental en el aprendizaje y la memoria, ya que permite la influencia de la experiencia en los mecanismos críticos de plasticidad (Kosik et al., 2012). Es decir, los mecanismos epigenéticos son esenciales en el proceso de memoria al permitir la modificación de la expresión génica en respuesta a estímulos ambientales y experienciales.

La neurociencia cognitiva también nos brinda otro conocimiento crucial para la educación: la plasticidad del cerebro, que permite reorganizar y que se nutre de las experiencias a lo largo de la existencia del ser humano, esta capacidad de adaptación ha sido una característica clave que ha permitido a los seres humanos enfrentar una amplia variedad de situaciones y contextos (Maldonado, 2019). Esa plasticidad que es producto de los cambios en la experiencia y en el medio en que vivimos, permite la modificación de los circuitos neuronales, desencadenando que el ser humano pueda aprender durante toda su existencia. Asimismo, requiere de condiciones nutricionales y energéticas adecuadas, siendo transcendental aportar al cerebro los nutrientes necesarios para que se extiendan los árboles déntricos (Dehaene, 2019). La plasticidad cerebral implica modificaciones tanto en la estructura como en el funcionamiento del cerebro como consecuencia del aprendizaje y la experiencia (Dierssen, 2019). Debido a la plasticidad, se explica, como señala Maldonado (2019), los talentos y habilidades. En ese sentido, los mecanismos de reproducción implican una variabilidad biológica, conllevan diversidad, cada individuo es único debido a la variabilidad genética y a la expresión génica.

De modo que, la diversidad es inherente al ser humano, desde el origen, ningún cerebro es igual a otro, tenemos estructuras y conexiones que son diversas entre los organismos, que se modifican en relación con el medio durante toda la vida, a causa de las experiencias. Es así como, lo que se percibe de la realidad es distinto para cada persona, debido a que cada una la construye y reconstruye según sus propias experiencias. La realidad es una construcción mental, realizada por el cerebro que combina la interacción con el medio y la actividad en curso del cerebro (Damasio, 2012). Por ello, se debe exponer al cerebro a experiencias diversas, pues posibilitan el aprendizaje, esto permite enriquecer el modelo mental del mundo.

Por su parte, conocer sobre la atención es esencial, ya que es una capacidad de suma relevancia que influye en cómo codificamos las entradas sensoriales, almacenamos información en la memoria, la procesamos semánticamente y actuamos sobre ella para sobrevivir en un mundo desafiante (Gazzaniga et al., 2019). Según Gazzaniga et al. (2019), para controlarla intervienen porciones del lóbulo parietal, corteza temporal, corteza frontal y estructuras subcorticales. La atención es esencial para el sistema nervioso, puesto que permite seleccionar información y controlar la conducta de manera consciente. Como señala Crespo (2020), se trata de una función cognitiva básica que es necesaria para el resto de las habilidades, fluctúa en el tiempo, se agota, se recupera y depende del contexto en el que se utiliza. Por ende, es fundamental conocer cómo opera la atención para introducir acciones pedagógicas que puedan ayudar directamente a los estudiantes.

A su vez, tenemos al lenguaje como un aspecto vital de conocer sobre cómo se produce a nivel cognitivo, siendo una de las funciones corticales más notables, debido a que se trata de la habilidad de conectar signos convencionales con conceptos particulares para comunicar ideas y sentimientos a uno mismo o a los demás a través del habla y la escritura (Purves et al., 2010). Las áreas de Wernicke y de Broca son las más relevantes para el funcionamiento del lenguaje. El área de Wernicke localizada en el lóbulo temporal izquierdo se encarga de decodificar lo que el ser humano escucha o lee. Mientras que, el área de Broca se ubica en el lóbulo frontal izquierdo y transforma en frases las ideas.

El área de Wernicke y el área de Broca se comunican a través del fascículo arqueado, permitiendo la repetición de lo escuchado y el envío de información entre ambas áreas (Crespo, 2020). El lenguaje, en su origen, se desarrolla como un medio de comunicación entre el niño y su entorno relacional, en una dinámica que cada individuo interioriza según sus vivencias y entorno. El crecimiento intelectual del niño está estrechamente relacionado con su dominio de los medios sociales del pensamiento, es decir, con el lenguaje. Este se constituye esencialmente a partir de lo social, y su desarrollo es resultado de la interacción con otros individuos, lo que posibilita la reorganización de los procesos cognitivos del ser humano y su desarrollo intelectual.

Por su parte, no se puede olvidar el potencial de la creatividad, que es una habilidad fundamental para el aprendizaje y la resolución de problemas en la vida diaria. Según Crespo (2020), la creatividad se define como la capacidad de generar ideas nuevas y apropiadas en un contexto específico, y no se limita simplemente a la capacidad de combinar y abstraer conceptos para diseñar su implementación. Este mecanismo intelectual se debe, en parte, a un debilitamiento de las inhibiciones y a la creación inconsciente de nuevas asociaciones en el cerebro, lo que permite generar nuevas formas de ver el mundo (Kandel, 2019).

El proceso creativo es una construcción compleja que involucra diferentes habilidades cognitivas, como la imaginación, la atención selectiva y la flexibilidad mental, entre otras. Por lo tanto, es importante aprender más sobre el proceso creativo del ser humano para lograr una educación creadora y transformadora que considere una visión dinámica y constructiva del conocimiento. De esta forma, se pueden potenciar las habilidades y generar experiencias únicas y novedosas en el proceso de aprendizaje.

Asimismo, el sueño también es beneficioso para el aprendizaje, ya que durante este proceso el cerebro repasa y consolida los conocimientos adquiridos durante el día, lo que ayuda a que sean recordados de manera más efectiva en el futuro (Dehaene, 2019). La neurociencia está explorando cada vez más los procesos por los que el sueño nos ayuda a almacenar y consolidar nuestros recuerdos, lo que asegura su retención más sólida para cuando necesitemos acceder a ellos en el futuro. Durante el sueño, el cerebro recrea las actividades neuronales que caracterizan lo que hemos experimentado durante las horas de vigilia, lo que nos ayuda a recordar lo aprendido, nos prepara para adquirir nuevos conocimientos y nos permite generar intuiciones utilizando lo que ya sabemos (Howard-Jones, 2011), siendo así, el sueño es esencial para la consolidación del aprendizaje y la generación de nuevas ideas.

En resumen, es importante comprender los procesos cognitivos que están relacionados con el aprendizaje, como la atención, la plasticidad cerebral, el lenguaje, la memoria, la creatividad y el sueño, entre otros. Estos procesos permiten la construcción de modelos mentales que dependen de las experiencias que se presentan ante el observador, y que están influenciadas por el contexto en el que se encuentra. Como afirma Dierssen (2019), la imagen del mundo que ofrece nuestro cerebro es una representación parcial e interpretativa de lo que nos rodea, construida a partir de nuestra experiencia diversa y significativa en el contexto interaccional primario, la familia y el hogar. Todo esto influye en nuestro aprendizaje y en nuestra existencia en general.

3. La influencia del contexto interaccional primario en el aprendizaje del ser humano

La forma en que los seres humanos aprenden está influenciada tanto por factores biológicos como por las características del contexto interaccional en el que se desenvuelven desde su nacimiento. Cada persona construye su mundo de manera única y en contextos particulares, lo que tiene enormes implicancias para la educación. La escuela es un componente crucial en la generación de este mundo, ya que el flujo de coordinación de acciones consensuales en el que operan los docentes y estudiantes puede posibilitar cambios en las distinciones que ambos hacen. Por esta razón, es esencial que los docentes consideren el contexto interaccional primario de los estudiantes para generar instancias de aprendizaje que despierten ideas y les permitan construir conocimientos de manera significativa.

Lev Vygotsky destacaba que el aprendizaje humano se basa en aspectos biológicos, sociales y culturales. La actividad cerebral superior no solo está vinculada a procesos neuronales, sino que también interioriza significados sociales, y se desarrolla mediante la interacción social y la interiorización de la cultura. El aprendizaje está mediado por signos e instrumentos que se utilizan para resolver problemas (Vygotsky, 1979). De esta manera, el ser humano complejiza sus funciones elementales a través de su relación con los demás y los procesos cognitivos se desarrollan en función de las condiciones y formas de interacción social en que se vive.

Antes del inicio de la educación formal, los niños ya poseen habilidades y conocimientos adquiridos en la etapa preescolar, lo que implica que el aprendizaje escolar no comienza en el vacío, sino que se fundamenta en el desarrollo previo del niño. Según Vygotsky (1984), el aprendizaje está siempre precedido por una etapa claramente definida de desarrollo, que el niño alcanza antes de ingresar a la escuela. Asimismo, el área de desarrollo potencial es una noción que se refiere a la diferencia entre el nivel de desarrollo actual, medido por la capacidad de una persona para resolver problemas por sí sola, y el nivel de desarrollo potencial, medido por la capacidad de resolver problemas con la asistencia de un adulto o compañeros más experimentados (Vygotsky, 1979). En otras palabras, el aprendizaje crea esta área de potencial que a su vez impulsa el desarrollo.

Una concepción valiosa del aprendizaje es aquella que permite intervenir en la zona de desarrollo potencial del estudiante para construir nuevos conocimientos. La escuela desempeña un papel fundamental en la formalización social del aprendizaje del niño, que proviene de su entorno familiar y cultural. El ser humano es moldeado por su contexto social, cultural e histórico, por lo que no es independiente de la realidad en la que vive, sino que está mediado por ella. Como señala Goswami (2012), la interacción social juega un papel clave en el aprendizaje, debido a que somos seres sociales por naturaleza. Es trascendental considerar las construcciones previas en el proceso de aprendizaje escolar, ya que nos hablan de la diversidad de conocimientos y formas de aprendizaje que se han generado en el contexto interaccional primario de cada individuo. El aprendizaje surge en la diversidad, en la interacción y vinculación con otros.

El entorno en el que un ser humano se desarrolla es crucial para la formación y el desarrollo de su cerebro, y diversos factores, como la alimentación, las actividades y la calidad de vida, pueden tener un impacto determinante. En este sentido, Lipina (2016) argumenta que la pobreza es una violación de la dignidad humana, puesto que obstaculiza el desarrollo de las capacidades de las personas y es una de las señales más claras de desigualdad. El autor señala que estudios científicos han demostrado que el estrés crónico al que están expuestos los niños y niñas desde antes del nacimiento puede aumentar las probabilidades de afectar su desarrollo físico e intelectual. Además, el desarrollo autoregulatorio relacionado con las competencias cognitivas, emocionales y de aprendizaje puede ser influenciado por las pau-

tas de crianza en el hogar, la socialización, la educación formal y no formal. Este proceso de autorregulación es particularmente vulnerable en entornos poco estimulantes o con estrés intenso y constante (Lipina, 2016).

La problemática que surge del vínculo entre los ambientes familiares vulnerables y su efecto en el aprendizaje humano es de gran importancia. Es fundamental tener en cuenta factores como el suministro de nutrientes, el apego, la generación de vínculos afectivos y la estimulación del aprendizaje para un desarrollo adecuado. Además, vivir en ambientes seguros que permitan afrontar situaciones adversas durante las primeras dos décadas de vida es crucial para modular el desarrollo de las redes neurales involucradas en la autorregulación y el aprendizaje en contextos sociales formales y no formales (Lipina, 2016). Ante esta realidad, los gobiernos deberían tomar medidas para abordar estos problemas y prevenir sus posibles consecuencias negativas en el desarrollo humano y educativo. La desigualdad social en Chile, según el índice de desigualdad de la OECD (2020), es una de las más altas en la región latinoamericana, con un coeficiente de Gini de 0,46. Este problema tiene consecuencias graves para los niños y niñas que nacen en contextos vulnerables, ya que enfrentan experiencias complejas en las primeras etapas de su vida, lo que puede derivar en el desarrollo de trastornos cerebrales e inmunológicos. De acuerdo con Lipina (2016), el sistema nervioso en desarrollo necesita de experiencias específicas para madurar adecuadamente, incluyendo estimulación sensorial, emocional y material.

La falta de recursos económicos puede generar situaciones de estrés e incertidumbre, lo que incrementa la probabilidad de estados emocionales negativos, ansiedad, depresión e ira, que afectan negativamente la flexibilidad cognitiva, la plasticidad neural y el sistema prefrontal/ejecutivo, uno de los más sensibles a las influencias de las inequidades sociales durante las experiencias de vida tempranas (Lipina, 2016). Además, la pobreza también afecta la regulación funcional del sistema nervioso central y periférico (Lipina y Segretin, 2015). La estimulación sensorial, emocional y material es esencial para el desarrollo adecuado del sistema nervioso, y la falta de recursos económicos puede impedir que los niños y niñas reciban la estimulación adecuada para su desarrollo. Esto puede afectar negativamente la flexibilidad cognitiva (Uddin, 2021), la plasticidad neural y el sistema prefrontal/ejecutivo, lo que puede tener graves consecuencias a largo plazo para su salud y bienestar. Por lo tanto, es importante abordar la desigualdad social en Chile para garantizar que todos los niños y niñas tengan acceso a las experiencias necesarias para un desarrollo saludable.

En un estudio realizado por Farah et al. (2006), se encontró que la pobreza o un bajo estatus socioeconómico pueden tener efectos negativos en diversos sistemas cerebrales, como el sistema prefrontal (que controla la cognición y la emoción), el sistema perisilviano (relacionado con el lenguaje), el sistema parietal (relacionado con la cognición espacial), el sistema occipital (relacionado con la visión) y el sistema temporal (relacionado con la memoria y el aprendizaje episódico) (Farah et al., 2006). En consecuencia, resulta fundamental explorar el desarrollo cerebral durante los períodos fetales, ya que los cambios y la expresión espacio-temporal de ciertos genes en estos momentos pueden desempeñar un papel fundamental en las características únicas de las neuronas humanas (Sousa et al., 2017). Comprender el desarrollo cerebral fetal puede prevenir trastornos neurológicos y psiquiátricos, lo que resalta la importancia de investigar y profundizar en este tema para proteger y fomentar el adecuado desarrollo del cerebro humano desde el inicio de la vida.

Igualmente, el déficit de nutrientes al cual se ven enfrentado los seres humanos como las proteínas, hidratos de carbono, zinc, yodo, hierro, selenio, colina, como también algunos factores de crecimiento, sea insulínicos, epidérmicos, y neurotrófico, los cuales regulan y permiten el desarrollo cerebral desde la gestación (Lipina, 2016). Todas las formas de desnutrición y malnutrición generan distintas enfermedades, como así también generan dificultades auto-

rregulatorias, perjudicando notoriamente las competencias y oportunidades de aprendizaje de los estudiantes. Cada nutriente tiene influencias específicas sobre la organización y la plasticidad de diferentes sistemas neurales, por lo que, la carencia de estos tiene potenciales implicancias negativas. No solo los nutrientes, sino que también, la exposición prenatal a cocaína, cannabis, tabaco y agentes como el plomo, mercurio, cadmio ha sido asociada con trastornos cognitivos y efecto neurotóxico (Lipina y Segretin, 2015), sea en la velocidad de procesamiento de la información como también en las competencias de aprendizaje.

Es crucial que el Estado y el sistema educativo presten atención a cómo la pobreza y el ambiente en el contexto interaccional primario afectan el desarrollo cognitivo. Las intervenciones ambientales en contextos de laboratorio, escolar y de hogar pueden optimizar los desempeños cognitivos y la activación neural concomitante (Lipina y Segretin, 2015; Burggren et al., 2019), brindando una ventana de oportunidades. Es importante que la educación esté alerta a malinterpretaciones y concepciones erradas que perjudican el progreso de la neurociencia cognitiva en la educación, tanto voluntarias como involuntarias.

4. Las malinterpretaciones de la neurociencia cognitiva en la educación chilena

En la educación chilena, la neurociencia cognitiva ha ganado importancia, pero también se han identificado malinterpretaciones que pueden afectar de manera negativa la enseñanza y el aprendizaje. Para Kandel et al. (1997), la tarea de la neurociencia es explicar el comportamiento en términos del cerebro, entendiendo cómo millones de células nerviosas individuales en el cerebro actúan para producir el comportamiento y cómo, a su vez, estas células son influenciadas por el ambiente. Por lo tanto, la neurociencia nos permite comprender el sistema nervioso y el comportamiento humano, específicamente la neurociencia cognitiva, que busca entender cómo la función cerebral da lugar a actividades mentales como la percepción, la memoria, el lenguaje e incluso la conciencia (Sierra Fitzgerald y Munévar, 2007). Estas son habilidades que permiten comprender cómo la actividad cerebral se relaciona con el comportamiento y el aprendizaje son habilidades valiosas y de gran utilidad para entender el aprendizaje humano (Salas, 2003).

El sistema nervioso desempeña una función valiosa en el proceso de aprendizaje continuo del ser humano, que abarca el desarrollo de habilidades y capacidades cognitivas, físicas, sociales, emocionales y morales. La neurociencia educativa es crucial para comprender los procesos subyacentes al aprendizaje y mejorar tanto la enseñanza como el aprendizaje. Según Tokuhamma-Espinosa (2008), se puede considerar a la neurociencia educativa como la enseñanza basada en principios científicos o como la confirmación de las mejores prácticas pedagógicas a través de los estudios sobre el cerebro humano. La neuroeducación, por otro lado, va más allá al estudiar las bases cerebrales del proceso de enseñanza-aprendizaje y no solo del aprendizaje. Como señala Codina (2015), esto representa un cambio cualitativo importante en la forma en que se aborda la enseñanza. Es imperativo que la enseñanza se base en conocimientos neurocientíficos sobre el funcionamiento del cerebro para seguir evolucionando.

La neurociencia educativa, surgida de la fusión de la neurociencia y la educación, ha despertado un gran interés en los últimos años. No obstante, este interés ha llevado a que se otorgue validez a ideas que no han sido constatadas científicamente, como los neuromitos. Este término fue acuñado por el neurocirujano Alan Crockard en la década de 1980 para referirse a las ideas seudocientíficas que ganaban relevancia en la comunidad médica. Décadas después, la OCDE definió los neuromitos como una noción equivocada que surge de una mala comprensión, interpretación errónea o cita inexacta de datos científicamente establecidos para respaldar el uso de la investigación cerebral en la educación (OCDE, 2002). Estos neuromitos pueden ser peligrosos, ya que pueden llevar a políticas educativas ineficaces o a la creación de estrategias de enseñanza poco efectivas.

En Chile, se ha observado la presencia de neuromitos en las prácticas de enseñanza y aprendizaje escolar, así como en las creencias docentes y políticas educacionales. Esto se ve reflejado en documentos oficiales del Estado, como los decretos n° 170 de 2009 y n° 83 de 2015, y en los estándares de educación parvularia, básica y media de 2012. El problema es que al validar estos neuromitos, se producen cambios metodológicos en el aula y las carreras, al posicionar los estilos de aprendizaje como verdades científicas irrefutables; sin embargo, esto puede perjudicar el proceso de aprendizaje al generar prácticas pedagógicas ineficaces o incluso contraproducentes. Por ende, es fundamental promover una comprensión crítica y rigurosa de la investigación en neurociencia y su aplicación en el ámbito educativo.

Algunos de los neuromitos más conocidos son, según [Codina \(2015\)](#) y [Howard-Jones \(2011\)](#), la teoría de las inteligencias múltiples (IM), estilos de aprendizaje, dominancia hemisférica, ambientes enriquecidos, etapas críticas para el aprendizaje, *Brain Gym* o kinesiología educativa, la creencia de que beber agua mejora el aprendizaje, tomar suplementos de omega 3 y 6 hace bien para el aprendizaje, el azúcar como una sustancia nociva para aprender, la idea de que los seres humanos solo utilizan el 10% de su cerebro, las diferencias cerebrales según raza o género, la creencia de que se puede mejorar la memoria de manera infinita, entre otras malinterpretaciones. Además, [Mora \(2013\)](#) estima que existen más de 50 neuromitos, lo cual es sumamente perjudicial para la mejora del proceso de aprendizaje, ya que los docentes y establecimientos educacionales en su búsqueda por validar las prácticas pedagógicas y dotarlas de fundamentos científicos, caen en la adaptación e implementación de ideas, programas y capacitaciones que validan concepciones erróneas.

La relación entre la neurociencia y la educación en Chile está siendo fuertemente afectada por los neuromitos, los cuales tergiversan los descubrimientos científicos y generan una brecha en la educación del país. Además, existe una mercantilización de los conocimientos de la neurociencia cognitiva por parte de consultorías, entidades de asistencia técnica educativa y empresas, que promueven la ignorancia acerca de los significativos y reales aportes de esta disciplina. Es importante tener en cuenta que el aprendizaje escolar es un fenómeno complejo y multicausal, por lo que es inapropiado reducirlo a explicaciones simplistas. Por ello, se debe enfatizar en la entrega de las herramientas necesarias a los futuros educadores, para que puedan identificar y desmitificar estas ideas erróneas y seudocientíficas, y así evitar que sigan proliferando en el ámbito educativo nacional.

5. Los conocimientos de la neurociencia cognitiva en la FID

Es esencial que la neurociencia cognitiva y la educación tengan un lenguaje común para evitar confusiones y reduccionismos. Para lograr esto, es necesario integrar sus conocimientos en la Formación Inicial Docente (FID), mediante la inclusión de asignaturas que formen profesionales capacitados para enfrentar los desafíos de una sociedad diversa e inclusiva. La educación debe aprovechar los avances en el estudio del cerebro para fortalecer su labor y, por lo tanto, es fundamental crear nuevos conocimientos en la integración de las neurociencias en la formación de docentes. Varias investigaciones han identificado concepciones erróneas entre los estudiantes de pedagogía a nivel nacional e internacional, y se ha demostrado la influencia positiva de cursos especializados para superar estas falencias ([Grospietsch y Jürgen, 2018](#); [Painemil et al., 2021](#)).

Es imprescindible que los educadores comprendan cómo el cerebro desempeña diversas funciones y cómo se organizan en sistemas para permitir el aprendizaje, la memoria, el lenguaje, el movimiento y otras funciones vitales ([Campos, 2010](#)). La neurociencia ha logrado avances significativos en la comprensión de los procesos cognitivos, y la educación no puede permitirse ignorar estos hallazgos. La incorporación de aspectos como el lenguaje, la memo-

ria, la atención, el razonamiento, la creatividad, las emociones, la resolución de problemas y la meditación, son procesos que ocurren a nivel cerebral y que deben ser considerados en la enseñanza.

Es fundamental que el docente tenga un conocimiento profundo del desarrollo cognitivo del ser humano, ya que esto le permitirá brindar un apoyo sólido y basado en evidencia científica a sus alumnos durante su proceso de crecimiento. No se trata de implementar directamente los conocimientos de la neurociencia cognitiva en la educación, sino de fomentar la comunicación y la investigación interdisciplinaria y posteriormente transdisciplinaria, lo cual puede aportar significativamente al progreso de estas áreas disciplinarias. De hecho, según Coch (2018), los lentes interdisciplinarios o perspectivas múltiples son casi una necesidad para comprender la dinámica del desarrollo y el aprendizaje de niños y adolescentes en los dominios neural, cognitivo, cultural, social y emocional (p. 312). Es esencial para comprender la complejidad de estos procesos, considerar una variedad de factores y procesos que interactúan entre sí en el desarrollo y aprendizaje, incluyendo los aspectos biológicos, cognitivos, culturales, sociales y emocionales.

De acuerdo con Dehaene (2019), existen cuatro pilares fundamentales del aprendizaje que son necesarios para las construcciones mentales que el ser humano realiza. El primero es la atención, que permite concentrarnos en la información relevante; el segundo es el compromiso activo, que impulsa al cerebro a evaluar constantemente nuevas hipótesis; el tercero es el feedback, que permite comparar nuestras predicciones con la realidad; y el cuarto es la consolidación, que automatiza y hace más fluido lo que hemos aprendido durante el sueño. Según Dehaene (2019), los docentes que logren movilizar estos cuatro pilares podrán maximizar la eficacia del aprendizaje en su clase (p. 202). En consecuencia, es esencial tener conocimientos sobre los procesos mentales y la arquitectura cerebral para poder contribuir a la adquisición y creación de experiencias subjetivas que permitan una comunicación efectiva.

Las universidades y las carreras de pedagogía deben incluir cursos que aborden los avances en neurociencia cognitiva, con el objetivo de informar y acercar esos conocimientos a los docentes en formación. La integración de los conocimientos neurocientíficos en los programas de formación inicial docente permite una perspectiva más completa sobre el aprendizaje y el desarrollo de los estudiantes. Según Stern (2005), la neurociencia puede ayudar a explicar por qué algunos entornos de aprendizaje funcionan mientras que otros no. Para lograr esto, es fundamental fomentar un diálogo fructífero entre ambas disciplinas y desarrollar medidas concretas para generar colaboración. Fischer (2009) propone la creación de escuelas de investigación en las que los profesionales de diferentes disciplinas trabajen juntos en la formulación de preguntas, métodos de investigación y bases de datos sobre el aprendizaje y el desarrollo, creando así un nuevo tipo de profesional interdisciplinario.

La neurociencia cognitiva ha sido ignorada en los programas de FID debido a que es una disciplina relativamente nueva para la educación, con métodos de estudio que se han desarrollado recientemente y permiten observar el cerebro en tiempo real (Gómez y Ferreira, 2019). La falta de integración de los avances en neurociencia cognitiva en la formación docente es una preocupación real, puesto que puede llevar a la propagación de ideas erróneas y la adopción de soluciones educativas inadecuadas. Es especialmente preocupante en Chile, donde los docentes bien intencionados, pero crédulos, pueden caer en la trampa de las pseudociencias. La neurociencia cognitiva se ha posicionado como una disciplina fundamental para comprender los procesos de aprendizaje y, en consecuencia, mejorar las metodologías y estrategias de enseñanza. En este sentido, es crucial que tanto las prescripciones que se emanen por parte del Estado como también los programas de formación inicial docente proporcionen herramientas investigativas y científicas sólidas en neurociencia cognitiva.

6. Conclusiones

La neurociencia educativa es una disciplina clave para la educación, pues otorga información sobre la conexión entre diferentes áreas cerebrales vinculadas a las conductas del ser humano, y su aplicación en la pedagogía. Es esencial que los docentes comprendan los componentes cognitivos del aprendizaje de sus estudiantes y propongan didácticas adecuadas para cada uno. La formación de los docentes en neurociencia cognitiva es necesaria para potenciar el papel del cerebro en el proceso de aprendizaje. La colaboración entre neurocientíficos y educadores es fundamental para aplicar los conocimientos de la neurociencia cognitiva en el aula y desarrollar propuestas de aprendizaje efectivas y adaptadas a las necesidades de cada estudiante. Es importante que se adopte una perspectiva transdisciplinaria para avanzar en la comprensión de los procesos mentales que competen a la educación.

Es importante establecer un vínculo efectivo entre la neurociencia cognitiva y la educación a través de un diálogo fructífero; sin embargo, hay diferencias significativas entre ambas áreas de conocimiento, incluyendo enfoques epistemológicos, metodológicos y objetivos profesionales. Por lo tanto, se requiere un escrutinio riguroso para evitar malinterpretaciones, como los neuromitos, y para prevenir la aparición de organizaciones que persiguen fines espurios y otorgan interpretaciones inadecuadas sobre los notables avances de la neurociencia cognitiva en la educación.

La colaboración entre neurociencia y educación es fundamental para mejorar la calidad de la enseñanza, autores, como [Howard-Jones \(2011\)](#) y [Samuels \(2009\)](#), han resaltado la importancia de trabajar juntos para llenar las brechas de conocimiento y adoptar un enfoque transdisciplinario que integre las perspectivas de ambas áreas. [Fischer \(2009\)](#) ha enfatizado la necesidad de establecer una sólida base científica para la educación, mientras que [The Royal Society \(2011\)](#) ha subrayado la importancia de incluir una perspectiva neurobiológica en la formación docente sobre las dificultades de aprendizaje. La adquisición de conocimientos científicos permite democratizar la información y utilizar la evidencia de la neurociencia cognitiva como un sustento teórico y empírico relevante para la toma de decisiones pedagógicas. Es crucial fomentar un diálogo fructífero y continuo entre ambas disciplinas para avanzar en el conocimiento y la aplicación práctica de la neurociencia educativa.

El Estado tiene la responsabilidad de prescribir estándares educativos que estén en línea con los conocimientos científicos y evitar legitimar o reproducir neuromitos. En ese sentido, la educación es esencial para el desarrollo cognitivo del ser humano y debe ser una prioridad para el Estado, el cual debe invertir en la capacitación de docentes competentes para desempeñar esta importante labor. La escuela es un espacio privilegiado en el que los individuos pueden aprender a vivir en sociedad, encontrar sentido en su entorno y crear nuevas realidades. Por lo tanto, es fundamental que los docentes conozcan el modelo mental de sus estudiantes, las etapas por las que deben pasar en su desarrollo y los factores que los ayudan a mejorar sus capacidades ([Dehaene, 2019](#)). La educación debe ser capaz de formar individuos autónomos, con pensamiento crítico, y conscientes de su papel en la comunidad.

La neurociencia cognitiva nos brinda una comprensión más profunda acerca de los rasgos distintivos del ser humano, como el lenguaje sintáctico-gramatical, el pensamiento simbólico, la memoria, la atención, las emociones, la autorreflexión, la capacidad de planificación a largo plazo y la creatividad. Estos rasgos son los que nos diferencian de otras especies y definen nuestra esencia como seres humanos.

Para mejorar la calidad de la formación docente, es importante que los programas de Formación Inicial Docente enseñen a los estudiantes a acceder a información científica relevante y fomenten la reflexión pedagógica. También es esencial proporcionar las herramientas necesarias para que los futuros docentes puedan ofrecer una educación basada en evidencia

científica. Para lograr este objetivo, investigadores, docentes, escuelas y programas de FID deben trabajar juntos para consolidar la neurociencia educativa como campo de investigación y mejorar la alfabetización científica de los educadores en formación. Es fundamental reconocer que los docentes tienen un papel crucial y predictivo en el éxito educativo de los estudiantes (Ansari y Coch, 2006).

En los últimos años, la neurociencia cognitiva ha progresado significativamente y puede ser una herramienta valiosa para desarrollar y evaluar herramientas educativas innovadoras; no obstante, aún hay una brecha entre la neurociencia y la educación que debe ser abordada. Para lograr esto, es necesario establecer puentes entre ambas disciplinas y fomentar la comunicación para generar nuevos conocimientos científicos y una colaboración transdisciplinaria. Como destacan Devonshire y Domett (2010), trabajar juntos puede ayudar a derribar los muros entre ambas disciplinas y permitir la construcción de una ciencia que involucre la mente, el cerebro, el aprendizaje y la educación.

Agradecimientos

Esta investigación es financiada por el programa de Becas de Doctorado Nacional 2022-2024 de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo de Chile, ANID, n° 21220061, y GOP folio n° 242230011.

Referencias

- Ansari, D., y Coch, D. (2006). Bridges over troubled waters: education and cognitive neuroscience. *Trends in cognitive sciences*, 10(4), 146–151. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.02.007>.
- Buschkuhl, M., Jaeggi, S. M., y Jonides, J. (2012). Neuronal effects following working memory training. *Developmental cognitive neuroscience*, 2 Suppl 1(Suppl 1), S167–S179. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2011.10.001>.
- Burggren, A. C., Shirazi, A., Ginder, N., y London, E. D. (2019). Cannabis effects on brain structure, function, and cognition: considerations for medical uses of cannabis and its derivatives. *The American journal of drug and alcohol abuse*, 45(6), 563–579. <https://doi.org/10.1080/00952990.2019.1634086>.
- Campos, A. L (2010). Neuroeducación: Uniendo las Neurociencias y la Educación en la Búsqueda del Desarrollo Humano. *Revista digital La educación*, 143, 2-14.
- CERI. (2009). *La comprensión del cerebro: El nacimiento de una ciencia del aprendizaje*. UCSH.
- Coch, D. (2018). «Reflections on Neuroscience in Teacher Education». *Peabody Journal of Education*, 93(3), pp. 309–319.
- Codina, M. (2015). *Neuroeducación en virtudes cordiales*. Editorial Octaedro, S.L.
- CPEIP, CIAE y CEPPE. (2012). *Estándares Orientadores Para Carreras de Pedagogía en Educación Básica*. https://www.cpeip.cl/wp-content/uploads/2019/03/Est%C3%A1ndares_B%C3%A1sica.pdf.
- CPEIP, CIAE y CEPPE. (2012). *Estándares Orientadores Para Carreras de Educación Parvularia*. https://www.cpeip.cl/wp-content/uploads/2018/09/Est%C3%A1ndares_Parvularia.pdf.

- CPEIP, CIAE Y CEPPE. (2012). *Estándares Orientadores Para Carreras de Pedagogía en Educación Media*. https://cpeip.cl/wp-content/uploads/2019/03/Est%C3%A1ndares_Media.pdf.
- Crespo, I. (2020). *Una selva de sinapsis. Lo que escondes en tu cerebro*. Paidós.
- Damasio, A. (2012). *Self comes to mind. Constructing the conscious brain*. Vintage.
- Decreto Exento N°83/2015. Aprueba Criterios y Orientaciones de Adecuación Curricular para Estudiantes con Necesidades Educativas Especiales de Educación Parvularia y Educación Básica. Integración Escolar de alumnos y alumnas con necesidades educativas especiales.
- Decreto Supremo N°170/2009. Normas para determinar los alumnos con necesidades educativas especiales que serán beneficiarios de las subvenciones para educación especial
- Dehaene, S. (2019). *¿Cómo aprendemos? Los cuatro pilares con los que la educación puede potenciar los talentos de nuestro cerebro*. Siglo XXI.
- Devonshire, I. M., y Dommett, E. J. (2010). Neuroscience: Viable Applications in Education? *The Neuroscientist*, 16(4), 349–356. <https://doi.org/10.1177/1073858410370900>.
- Dierssen, M. (2019). *El cerebro del artista: La creatividad vista desde la neurociencia*. Shackleton Books.
- Farah, M. J., Shera, D. M., Savage, J. H., Betancourt, L., Giannetta, J. M., Brodsky, N. L., Malmud, E. K., y Hurt, H. (2006). Childhood poverty: specific associations with neurocognitive development. *Brain research*, 1110(1), 166–174. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2006.06.072>.
- Fischer, K.W. (2009). Mind, Brain and Education: Building a Scientific Groundwork for Learning and Teaching. *Mind, Brain and Education*, 3(1), 3-17.
- Gazzaniga, M., Ivry, R., y Mangun, G. (2019). *Cognitive Neuroscience. The Biology of the Mind* (5 Ed). Norton.
- Gómez, L., y Ferreira, R. (2019). ¿Por qué la neurociencia debería ser parte de la formación inicial docente? *Synergies Chili*, 15, 45-56.
- Goswami, U. (2006). Neuroscience and education: from research to practice? *Nature reviews. Neuroscience*, 7(5), 406-411. <https://doi.org/10.1038/nrn1907>.
- Goswami, U. (2012). Language music and children's brains: A rhythmic timing perspective on language and music as cognitive systems. En Rebuschat, P; Rohmeier, M; Hawkins, J and Cross, I., *Language and Music as Cognitive Systems*. UK: Oxford Scholarship.
- Grospietsch, F., y Mayer, J. (2018). Professionalizing Pre-Service Biology Teachers' Misconceptions about Learning and the Brain through Conceptual Change. *Education Sciences*, 8(3), 120. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/educsci8030120>.
- Howard-Jones, P. (2011). *Investigación neuroeducativa, neurociencia, educación y cerebro: de los contextos a práctica*. La Muralla.
- Howard-Jones, P., Ansari, D., De Smedt, B., Laurillard, D., Varma, S., Butterworth, B., y Thomas, M. (2016). The Principles and Practices of Educational Neuroscience: Comment on Bowers (2016). *Psychological Review*, 123(5), 620–627.
- Kandel, E. (2019). *La nueva biología de la mente. Qué nos dicen los trastornos cerebrales sobre nosotros mismos*. Paidós.
- Kandel, E., Schwartz, J., y Jessell, T. H. (1997). *Neurociencia y conducta*. Prentice Hall.

- Kosik, K. S., Rapp, P. R., Raz, N., Small, S. A., Sweatt, J. D., y Tsai, L. H. (2012). Mechanisms of age-related cognitive change and targets for intervention: epigenetics. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 67(7), 741–746. <https://doi.org/10.1093/gerona/gls110>.
- Lipina, S. (2016). *Pobre cerebro: los efectos de la pobreza sobre el desarrollo cognitivo y emocional, y lo que la neurociencia puede hacer para prevenirlos*. Siglo XXI Editores.
- Lipina, S., y Segretin, M. (2015). 6000 días más: evidencia neurocientífica acerca del impacto de la pobreza infantil. *Psicología Educativa*, 21, 107-116. <https://doi.org/10.1016/j.pse.2015.08.003>.
- Maldonado, P. (2019). *Por qué tenemos el cerebro en la cabeza*. Debate.
- Mora, F. (2013). *Neuroeducación*. Alianza editorial.
- OECD. (2002). *Understanding the Brain: Towards a New Learning Science*. OECD.
- OECD. (2007). *Understanding the brain: The birth of a learning science*. Author.
- OECD. (2020). *Income inequality* (indicator). <https://doi.org/10.1787/459aa7f1-en>.
- Ortiz, T. (2009). *Neurociencia y Educación*. Alianza Editorial.
- Painemil, M., Manquenahuel, S., Biso, P., y Muñoz, C. (2021). Creencias versus conocimientos en profesores en formación. Un estudio comparado de neuromitos a nivel internacional. *Revista Electrónica Educare*, 25 (1), 1-22. <https://doi.org/10.15359/ree.25-1.13>.
- Purves, D; Augustine, G; Fitzpatrick, D; Hall, W; Lamantia, A; Macnamara, J, y Williams, S. (2010). *Neurociencia* (3a. Ed.). Médica Panamericana.
- Salas Silva, R. (2003). ¿La educación necesita realmente de la neurociencia? *Estudios pedagógicos*, (29), 155-171. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052003000100011>.
- Samuels, B. M. (2009). Can the differences between education and neuroscience be overcome by mind, brain, and education? *Mind, Brain, and Education*, 3, 44– 54.
- Sierra Fitzgerald, O., y Munévar G. (2007). Nuevas ventanas hacia el cerebro humano y su impacto en la neurociencia cognitiva. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 39(1), 143-15. <https://goo.su/Fy9utb>.
- Society for Neuroscience. (2009). *The promise of interdisciplinary partnerships between brain sciences and education*. Irvine, CA: University of California at Irvine.
- Sousa, A., Meyer, K. A., Santpere, G., Gulden, F. O., y Sestan, N. (2017). Evolution of the Human Nervous System Function, Structure, and Development. *Cell*, 170(2), 226–247. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2017.06.036>.
- Stern, E. (2005). Pedagogy meets neuroscience. *Science*, 310(5749), 745. <https://doi.org/10.1126/science.1121139>.
- The Royal Society. (2011). *Brain Waves Module 2: Neuroscience: implications for education and lifelong learning*. SC.
- Tokuhama-Espinosa, T. (2008). *The Scientifically Substantiated Art of Teaching: A study in the development of standards in the new academic field of neuroeducation (mind, brain, and education science)*. Capella, University. https://www.researchgate.net/publication/36710537_The_Scientifically_Substantiated_Art_of_Teaching_A_study_in_the_development_of_standards_in_the_new_academic_field_of_neuroeducation_mind_brain_and_education_science.

- Uddin, L. Q. (2021). Cognitive and behavioural flexibility: neural mechanisms and clinical considerations. *Nature reviews. Neuroscience*, 22(3), 167–179. <https://doi.org/10.1038/s41583-021-00428-w>.
- Vygotsky, L. (1979). *Obras escogidas* (vol. III). Madrid.
- Vygotsky, L. (1984). Aprendizaje y desarrollo intelectual en la edad escolar. *Infancia y Aprendizaje*, 7, 105-116. <https://doi.org/10.1080/02103702.1984.10822045>.



Este trabajo está sujeto a una licencia de Reconocimiento 4.0 Internacional Creative Commons (CC BY 4.0).